

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

(повна назва інституту/факультету)

кафедра БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 616.126.32.001.57 – 519.23

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БМК

Є.А. НАстенко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2018р.

**Магістерська дисертація**  
**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»  
(код і назва)

на тему: «Методи аналізу післяопераційного періоду у дітей після  
втручань на серці»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи БС-61м  
(шифр групи)

**МОСКАЛЕНКО АЛІНА ЄВГЕНІЇВНА**

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доц. каф. БМК, к.т.н. Носовець О.К.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з розділів МД

(назва розділу) ( посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент доц. каф. БМІ, доц., к.т.н., Зубчук В.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ **БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ** \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ **БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ** \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою  
спеціальність 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»  
(спеціалізація) (Інформаційні технології в біології та медицині)  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри БМК  
\_\_\_\_\_ **Є.А. Настенко** \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

**МОСКАЛЕНКО АЛІНИ ЄВГЕНІЇВНИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації \_\_\_\_\_ **Методи аналізу післяопераційного періоду у дітей**  
**після втручань на серці** \_\_\_\_\_

науковий керівник дисертації

***Носовець Олена Костянтинівна, к.т.н., доцент кафедри БМК***

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 29 » березня 2018 р. № 1041-с

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_ ***11-12 травня 2018 року*** \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження \_\_\_\_\_ **післяопераційний період у дітей після втручань на**  
**серці при патології аортального клапана.** \_\_\_\_\_

4. Предмет дослідження \_\_\_\_\_ **побудовані математичні моделі аналізу**  
**післяопераційного періоду на основі клінічних показників** \_\_\_\_\_

5. Перелік завдань, які потрібно розробити. 1. Провести аналіз літературних джерел за темою МД. 2. Провести аналіз матеріалів дослідження та огляду методів дослідження. 3. Побудувати математичні моделі аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці. 4. Розробити інформаційну системи для підтримки прийняття рішення лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду за допомогою отриманих математичних моделей.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу  
Гістограми, графіки, кругові діаграми, таблиці, інтерфейси користувача СППР.

7. Орієнтовний перелік публікацій      Загальна кількість запланованих статей  
для публікації – 3. Одна у фаховому виданні, одна в зарубіжному журналі та  
одна у міжнародному науковому журналі.

8. Консультанти розділів дисертації\*\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Магістерської дисертації			

9. Дата видачі завдання **19 березня 2018 р.**

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримати завдання на МД	19 березня 2018р.	
2	Аналіз літературних даних з теми МД	20-23 березня 2018р.	
3	Огляд матеріалів та методів дослідження, проведення статистичної обробки наявної бази даних	24-28 березня 2018р.	
4	Побудова математичних моделей	29-30 березня 2018р.	
5	Аналіз отриманих результатів, написання а публікація статей відповідно до отриманих результатів	1-8 квітня 2018 р.	
6	Проектування системи	9-10 квітня 2018р.	
7	Конструювання СППР	11-13 квітня 2018р	
8	Програмування та тестування СППР	14-20 квітня 2018р.	
9	Підготовка МД та презентації для захисту	21-30 квітня 2018р.	
10	Предзахист МД та допуск до захисту дисертації	3 травня 2018р.	
11	Подання МД рецензенту. Отримання рецензії.	4-7 травня 2018р.	
12	Подання в електронному вигляді МД та анотації до неї на сайт кафедри.	11-12 травня 2018р.	
13	Подання пакету документів по МД до захисту в ЕК <sup>1</sup>	11-12 травня 2018р.	
14	Захист МД в ЕК	18-19 травня 2018р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Москаленко А.Є.

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Носовець О.К.

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

<sup>1</sup> не пізніше ніж за один тиждень до затвердженої дати захисту МД в ЕК

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП .....	12
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ З ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ .....	18
1.1. Сучасний стан проблеми наявності серцево-судинних захворювань у дітей .....	18
1.2. Патологія аортального клапану у дітей та особливості її хірургічного лікування .....	24
1.3. Характеристика післяопераційного періоду та існуючі модифікації хірургічного лікування патологій аортального клапан для попередження післяопераційних ускладнень .....	31
Висновки до розділу 1 .....	33
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	35
2.1. Матеріали дослідження.....	35
2.2. Методи дослідження .....	45
Висновки до розділу 2 .....	47
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕБІГУ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ТА ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ У ДІТЕЙ ХВОРИХ НА СЕРЦЕВО-СУДИННІ ЗАХВОРЮВАННЯ .....	48
3.1. Математичне моделювання ймовірності настання повторної операції аортального клапану .....	48
3.2. Математичне моделювання ймовірності настання повторної операції висхідного тракту правого шлуночка .....	53
3.3. Математичне моделювання z-score показників неоаортального кореня та висхідної аорти у віддаленому післяопераційному періоді .....	59
3.3.1. Моделювання показників z-score базального кільця неоаортального кореня .....	59

3.3.2. Моделювання значення z-score синусів Вальсави неоаортального кореня .....	63
3.3.3. Моделювання значення z-score синотубулярного з'єднання неоаортального кореня .....	67
3.3.4. Моделювання значення z-score висхідної аорти.....	71
3.4. Математичне моделювання ймовірності настання летального випадку у післяопераційний період .....	74
Висновки до розділу 3 .....	79
<b>РОЗДІЛ 4 ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРЕМ-ЕКСПЕРТОМ .....</b>	<b>81</b>
4.1.Проектування інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.....	81
4.2.Конструювання інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.....	84
4.3.Робота інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.....	98
Висновки до розділу 4 .....	107
<b>РОЗДІЛ 5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЙОГО РИНКОВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ .....</b>	<b>108</b>
Висновки до розділу 5 .....	119
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>120</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>122</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AAo	- ascending aorta, висхідна аорта
IAA	- interrupted aortic arch, перервана дуга аорти
IDE	- integrated development environment, інтегроване програмне середовище
IDEF	- Icam DEFinition for Function Modeling, методологія функціонального моделювання
NYHA	- New York Heart Association, Нью-Йоркська Асоціація Кардіологів
SADT	- structured analysis and design technique, методологія структурного аналізу і проектування
SAS	- subaortic stenosis, субаортальний стеноз
SoV	- sinuses of Valsalva, синуси Вальсави
STJ	- the sinotubular junction, синотубулярне з'єднання
SVAS	- supralvalvar aortic stenosis, надклапанний стеноз аорти
VSD	- ventricular septal defect, дефект міжшлуночкової перегородки
WPF	- Windows Presentation Foundation, презентаційна підсистема в складі .NET Framework
АК	- аортальний клапан
АН	- аортальна недостатність
АС	- аортальний стеноз
ВТПШ	- висхідний тракт правого шлуночка
ДАК	- двостулковий аортальний клапан
Ехо-КГ	- ехокардіографія
ЗП	- золотий перетин
ІЕ	- інфекційний ендокардит
ІСППР	- інформаційна система для підтримки прийняття рішень
КАВ	- комбінована аортальна вада
КДІ	- кінцево-діастолічний індекс

КДО	- кінцево-діастолічний об'єм
ЛА	- легенева артерія
МГУА	- метод групового урахування аргументів
МЖП	- міжшлуночкова перегородка
МК	- мітральний клапан
нео-АК	- неоартальний корень
НКЛА	- недостатність клапану легеневої аорти
НМК	- недостатність мітрального клапана
НТК	- недостатність тристулкового клапана
ППТ	- площа поверхні тіла
РЕД	- рентгеноваскулярна дилатація
СН	- серцева недостатність
СУБД	- система управління базами даних
ТК	- тристулковий клапан
ФВ	- фракція викиду
ХНК	- хронічна недостатність кровообігу
ХСН	- хронічна серцева недостатність
ШВЛ	- штучна вентиляція легень
ШК	- штучний кровообіг

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Захворювання серцево-судинної системи зустрічаються не так рідко, як хотілося б і займають одне з провідних місць в структурі захворюваностей дітей. На стан функціонування серця дитини впливають множинні чинники – від перенесених матір'ю при вагітності вірусних і бактеріальних захворювань до атаки організму патогенними мікроорганізмами. При цьому лікарями виділяються вроджені вади розвитку серця та набуті захворювання.

Вроджені вади серця є одними з найпоширеніших захворювань серцево-судинної системи, що виявляються в перші місяці і роки життя дитини, та складають 10-30% від усіх вроджених аномалій у дітей [1]. Вони погано впливають на ріст і розвиток дітей, а в деяких випадках вимагають хірургічного втручання для усунення інвалідності та продовження життя дитини. До цієї групи відносять різноманітні захворювання серця і великих судин, що супроводжуються зміною кровотоку, перевантаженням і недостатністю серця.

Етіологія вроджених вад серця в 90% залежить від спадкової схильності у поєднанні з несприятливим факторами впливом, інші 10% складають випадки обумовлені хромосомними порушеннями та генною мутацією.

Частота набутих вад серця у дітей збільшується з віком. У перші роки життя набуті вади виявляються дуже рідко. Значно частіше вони зустрічаються у дітей шкільного віку [2]. Переважна більшість набутих вад серця розвивається в результаті перенесеного ревматизму. В окремих випадках причиною є сепсис або інфекційний (бактеріальний) ендокардит, ще рідше – травматичне пошкодження серця.

Аномалія аортального клапану (АК) зустрічається у 5-15% серед усіх вроджених вад серця [3]. Найпоширенішим видом даної патології є двостулковий аортальний клапан (ДАК). ДАК є клінічно гетерогенним



захворюванням, з високою частотою ускладнень, що в 35% випадків вимагають хірургічного втручання на клапані або аорті [4]. До ускладнень ДАК відносять аортальний стеноз (АС), аортальну недостатність (АН), комбіновану аортальну ваду (КАВ), високий ризик розвитку інфекційного ендокардита, коарктацію та аневризму аорти [5].

Основним методом усунення вродженої аномалії аортального клапана є його протезування механічним або біологічним протезами. Цей варіант лікування покращує стан і продовжує життя хворим з аортальною вадою, оскільки протези відрізняються великою надійністю, але пацієнти приречені на довічний прийом антикоагулянтів [6].

Проведення операції Росса, з використанням легеневого аутографта, що здатний до зростання, являється альтернативною технікою при лікуванні вроджених вад аортального клапана та забезпечує максимальну фізіологічність та життєздатність неоаортального клапана в ранньому та віддаленому післяопераційному періоді [7-10].

Використання даної техніки звільняє пацієнтів від застосування антикоагулянтів, що в свою чергу сприяє зниженню ризику кровотечі та тромбоемболії. Використання при цьому гомографтів забезпечує задовільні показники гемодинаміки, природнє функціонування сполучнотканинних структур, що оточують гомографт і м'язові тканини, підвищується резистентність до інфекцій, що дає можливість використання у пацієнтів з інфекційним ендокардитом [12].

Однак беручи до уваги оперативну складність даного методу при корекції вродженої патології аортального клапану, високий ризик виникнення післяопераційних ускладнень та повторних операцій [8-11], постає питання у можливості передбачення виникнення ускладнень, проведення повторних операцій та летальності у післяопераційний період, процесі моделювання показників та перебігу післяопераційного періоду вцілому.

***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.***

Дисертація виконана на замовлення Київської регіональної дирекції АТ «СК «АХА Страхування». Отримані результати дослідження за темою магістерської дисертації впровадженні в роботу Київської регіональної дирекції АТ «СК «АХА Страхування» (акт впровадження від 27.04.2018).

***Мета і завдання дослідження.*** Метою магістерської дисертації є побудова математичних моделей аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці на основі клінічних показників.

Для вирішення поставленої мети було сформовано наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан проблеми наявності серцево-судинних захворювань у дітей та шляхів їх вирішення. Розглянути вже існуючі методи аналізу післяопераційного періоду у дітей з патологією аортального клапана.
2. Проаналізувати наявні клінічні показники дітей з серцево-судинними захворюваннями, яким було проведено планові операції при патології аортального клапана. Розглянути метод групового урахування аргументів, як такий, що відбирає значимі прогностичні фактори автоматично, знижуючи вплив суб'єктивних факторів, та показує найвищу точність при моделюванні.
3. Побудувати математичні моделі аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці. Провести моделювання перебігу післяопераційного періоду та післяопераційних показників у дітей на навчальній, екзаменаційній та тестовій вибірках.
4. Розробити інформаційну систему для підтримки прийняття рішення лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування виникнення необхідності проведення реоперації висхідного тракту правого шлуночка та аортального клапану, летальних випадків у післяопераційний період, показників z-score неоортального клапана та висхідної аорти на

терміні 6-12, 12-60 та 60-120 місяців за допомогою розроблених математичних моделей.

*Об'єктом дослідження* є післяопераційний період у дітей після втручань на серці при патології аортального клапана.

*Предметом дослідження* є побудовані математичні моделі аналізу післяопераційного періоду на основі клінічних показників.

*Методи дослідження.* В якості методу для побудови математичних моделей було використано метод групового урахування аргументів (МГУА) з використанням покрокового алгоритму програмного інструменту для інтелектуального аналізу даних і прогнозування GMDH Shell DS 3.8.9.

Для статистичного опису даних наявних клінічних показників було використано статистичне програмне забезпечення IBM SPSS Statistics 20.

Розробка інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом виконувалася за допомогою інтегрованого програмного середовища (IDE) Microsoft Visual Studio 2017 з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування C#, презентаційної підсистеми Windows Presentation Foundation (WPF) та системи управління базами даних (СУБД) SQLite.

***Наукова новизна одержаних результатів.*** Наукова новизна одержаних результатів дослідження магістерської дисертації полягає в розроблених методах аналізу післяопераційного періоду у дітей після корекції патології аортального клапана. Дані методи дозволяють передбачити перебіг післяопераційного періоду, що в свою чергу забезпечує проведення об'єктивного аналізу стану пацієнта та виступає підтримкою при прийнятті рішення лікарем-експертом щодо подальших профілактичних дій, основною ціллю яких є покращення стану здоров'я пацієнта.

Побудовані математичні моделі аналізу перебігу післяопераційного періоду на основі клінічних показників дають можливість виконати

прогнозування виникнення повторної операції аортального клапану та висхідного тракту правого шлуночка, випадків летальності, значень z-score показників у віддаленому періоді спостереження на термінах 6-12, 12-60, 60-120 місяців з високою точністю.

Розроблені методи аналізу також стали основним кроком до створення інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом – системи, що здатна опрацьовувати данні історій хвороб пацієнтів, відображати зміни інструментальних показників, виконувати прогнозування перебігу післяопераційного періоду.

***Практичне значення одержаних результатів.*** В магістерській дисертації побудовані математичні моделі аналізу перебігу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці на основі клінічних показників. Математичні моделі можуть бути використані для передбачення ризику настання повторної операції аортального клапану та висхідного тракту правого шлуночка, летального випадку, а також для отримання прогностичних значень z-score показників базального кільця, синусів Вальсави, синотубулярного з'єднання неоаортального клапану та висхідної аорти на термінах 6-12, 12-60 та 60-120 місяців.

Результати дослідження за темою магістерської дисертації впровадженні в роботу Київської регіональної дирекції АТ «СК «АХА Страхування» у вигляді інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду у дітей після операцій на аортальному клапані з використанням побудованих математичних моделей, у зв'язку з необхідністю визначення лікарями-експертами подальших дій стосовно пацієнтів після заявленого страхового випадку та проведення лікування за програмою «Медицина без меж».

***Особистий внесок здобувача.*** Автор самостійно проведений аналіз літературних даних з теми магістерської дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження. Самостійно виконано статистичний аналіз

наявних клінічних даних та побудовано математичні моделі аналізу перебігу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці, зокрема на аортальному клапані. Спроековано та розроблено інформаційну систему для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду у дітей після операцій на аортальному клапані з використанням побудованих математичних моделей. Самостійно виконано узагальнення отриманих результатів дослідження та висновків, а також підготовлені наукові статі до публікації.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дослідження магістерської дисертації були опубліковані у Віснику університету «Україна» (№1(21), 2018 рік) в науковій статті на тему «Система аналізу стану хворих у віддаленому періоді після оперативних втручань на серці», у Словацькому міжнародному науковому журналі (Slovak international scientific journal) (№16, 2018 рік) на тему «Розробка математичної моделі прогнозування випадків летальності у післяопераційний період після операцій на серці у дітей» та у Міжнародному науковому журналі «Інтернаука» на тему «Медична інформаційна система прогнозування ймовірності настання реоперацій аортального клапану та висхідного тракту правого шлуночка».

**Публікації.** Результати отримані під час виконання магістерської дисертації були висвітлені у трьох наукових статтях, одна з яких у фаховому виданні, одна в зарубіжному журналі та одна у міжнародному науковому журналі.

**Структура дисертації.** Магістерська дисертація побудована за класичним типом та викладена на 127 сторінках машинописного тексту. Складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 46 найменувань, 28 – на кирилиці, 18 – на латиниці. У роботі представлено 55 рисунків і 24 таблиць.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ З ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

#### 1.1. Сучасний стан проблеми наявності серцево-судинних захворювань у дітей

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я на 2017 рік Україна займає перше місце в Європі та друге місце у світі за смертністю від серцево-судинних захворювань. Смертність людей з цим діагнозом складає 68% від усієї смертності в Україні [13]. До цієї групи людей також відносять і діти.

В останні роки статистика демонструє невтішні дані: число виявлення патологій, пов'язаних з роботою серця, помітно зросла. При цьому змін зазнають симптоми захворювань, а участь кардіологів в цьому питанні ускладнюється нездатністю дитини розповісти про свої відчуття і вчасно звернути увагу дорослих на наявний в організмі дискомфорт. Тим часом, серцево-судинні захворювання таять в собі величезну небезпеку.

Серцево-судинні захворювання розділяють на дві категорії: вродженні вади та набуті захворювання.

Вроджені вади серця займають перше місце серед причин смертності дітей, що виявляються в перші місяці і роки життя дитини та складають 10-30% від усіх вроджених аномалій у дітей. Поширеність вроджених вад серця становить 8-10 дітей на 1000 новонароджених. А це означає, що кожна сота дитина має вроджену ваду серця, визначається як анатомічна деформація серця або великих судин та розвивається внутрішньоутробно, незалежно від того, коли вона була виявлена [14] і потребує проведення хірургічного лікування. Третина з цих дітей – це діти, які при народженні

знаходяться в критичному стані і без хірургічної допомоги помирають [1, 15-18].

Етіологія вроджених вад серця в 90% залежить від спадкової схильності у поєднанні з несприятливим факторами впливом, інші 10% складають випадки обумовлені хромосомними порушеннями та генною мутацією [19].

Відповідно до Міжнародної номенклатура, вроджені вади серця поділяють на [20]:

1. Гіпоплазія правого або лівого відділу серця – недорозвинення одного з шлуночків.
2. Дефекти обструкції – звуження або повне закриття клапанів серця і великих судин: стеноз аортального клапана, стеноз легеневого клапана, стеноз двостулкового клапана.
3. Дефекти перегородок: дефект міжпередсердної перегородки, дефект міжшлуночкової перегородки.
4. Сині пороки, що призводять до ціанозу шкіри: тетрада Фалло, транспозиція головних судин, стеноз тристулкового клапана.

Набуті вади серця у дітей діагностуються з віком і виявляються виявляється у 3-6% дітей [21]. Частіше за все набуті вади зустрічаються у дітей шкільного віку [2].

Виділяють наступні основні набуті патології серця [21]:

- порок мітрального клапана;
- порок аортального клапана;
- порок трикуспідального клапана;
- порок клапана легеневої артерії;
- інфекційний ендокардит;
- перикардити.

Механізмом виникнення і розвитку пороку серця є склеротичний процес в клапанах серця, що призводить до їх зморщування. В результаті

розвивається недостатність клапанів – відмічається неповне їх змикання і зворотний відтік крові. Рубцевий процес в основі клапанів і їх фіброзному кільці призводить до звуження отворів. Зазвичай спочатку розвивається недостатність клапанів, а потім при прогресуванні процесу – звуження отворів. В окремих випадках стеноз отвору розвивається первинно.

При пороці серця порушується внутрішньосерцева гемодинаміка, що призводить до гіпертрофії м'язів відповідного шлуночка, а потім і до розширення окремих порожнин серця. При ослабленні скорочувальної здатності м'яза серця розвивається недостатність кровообігу [2].

Відповідно до цього виділяють три основних види порушень функцій клапанів серця [21]:

- стеноз – стулки не можуть розкритися в повному обсязі, в результаті чого зменшується площа отвору клапана;
- пролапс – стулки подовжуються і провисають при закритті;
- регургітація – стан, коли стулки не здатні повністю закриватися, при цьому виникає зворотний потік крові, протилежний нормальному, фізіологічному.

Патологія клапанів серця провокує розвиток аритмії і тромбоемболії в результаті скупчення згустків крові в розширених камерах серця.

Основним джерелом формування набутих вад серця є ревматизм. В окремих випадках причиною є сепсис або інфекційний (бактеріальний) ендокардит, ще рідше – травматичне пошкодження серця [2].

Ревматизм являє собою системне запальне захворювання сполучної тканини. Більш, ніж 2/3 випадків спостерігається у дітей від 10 до 15 років, близько 20% хворих від 1 до 5 років, у дітей більш молодшого віку ревматизм виникає дуже рідко [22]. Серцева форма ревматизму несе в собі небезпеку пороку клапанів серця. Дитина не скаржиться на біль в області суглобів, а ознаками в даному випадку є швидка стомлюваність при бігу і прискорене серцебиття.



Інфекційним ендокардитом (ІЕ) являється важке інфекційне (частіше бактеріальне) системне захворювання з первинним ураженням клапанів серця і пристінкового ендокарда, яке супроводжується ураженням внутрішніх органів [23].

Інфекційний ендокардит у дитини може розвинути на інтактних клапанах (5-6%), але частіше ускладнює вроджені (90%) і ревматичні (3%) пороки серця, особливо після оперативних втручань з їх приводу. Останнім часом відзначається зростання числа інфекційних захворювань у всіх вікових групах. У віці до 10 років інфекційний ендокардит у дитини діагностується близько 10% всіх випадків. Це захворювання може становити серйозну загрозу для здоров'я і життя.

Відповідно до статистичних даних кількість хворих дітей поступово збільшується і становить 0,55 на 1000 госпіталізованих. До інфекційного ендокардиту більше схильні хлопчики. Вони хворіють в 2-3 рази частіше, ніж дівчатка [24].

Найбільш частими збудниками інфекційного ендокардиту, до 80% випадків захворювання, відносяться зеленячий стрептокок і золотистий стафілокок. Перший частіше викликає захворювання на інтактних клапанах, а другий вражає пошкоджені. Рідше інфекційний ендокардит виникає на фоні таких мікроорганізмів, як ентерококи, менінго-, пневмо- і гонококи, епідермальний стафілокок, хламідії, сальмонели, бруцели, а також віруси і гриби. Віруси і гриби викликають «абактеріальну» форму інфекційного ендокардиту, що складає близько 10% випадків захворювання. При катетеризації серця і тривалому стоянні катетера в центральних венах часто виявляють синьогнійну паличку, а при операціях на серці і тривалій антибіотикотерапії – гриби (кандиди, гістоплазми).

Інфекційний ендокардит може бути як вродженим, так і набути. Вроджений ендокардит розвивається при гострих або загостренні хронічних вірусних і бактеріальних інфекціях у матері і являє собою один із проявів зараження крові.

Набутий інфекційний ендокардит у дітей перших 2 років життя виникає частіше на інтактних клапанах, а у дітей більш старшого віку захворювання зазвичай розвивається при наявності пороку серця. Фактором до розвитку інфекційного ендокардиту виступає операція на серці [25].

Для профілактики і боротьби з серцево-судинними захворювання існує цілий ряд методів, одним з яких є хірургічне лікування, від результатів якого багато в чому залежить подальша доля пацієнта. Тому попередження та виявлення вже існуючих ускладнень в ранній післяопераційний період є важливим елементом зменшення кількості летальних випадків після операцій на серці.

В наш час у клінічній практиці використовуються різні підходи, що дозволяють попередити та уникнути виникнення ускладнень з боку серцево-судинної системи, що в свою чергу дозволить зменшити рівень смертності пацієнтів. Такими підходами, наприклад, є методи для визначення впливу тривалості хірургічної процедури, кількості кровотеч після операції, тривалості допоміжної вентиляції, необхідності механічної та фармакологічної допомоги [26]. З їх допомогою можливо визначити причини, які вплинули на розвиток ускладнень, що призвели до летальних випадків, однак при цьому немає можливості спрогнозувати перебіг післяопераційного періоду для кожного окремого пацієнта.

Прогностично несприятливими фактором виникнення летальності в післяопераційний період є частота розвитку інфекційних ускладнень, що варіюється в достатньо широких межах та обумовлено початковим станом хворого, а також особливостями операції та післяопераційного періоду. Тому основним підходом для уникнення інфекційних ускладнень ще на етапі поліклінічного прийому є необхідність на підставі клініко-анамнестичних даних виділення хворих, що відносяться до групи ризику по інфекції [27].

Найбільш часте ускладнення в кардіохірургії – кровотеча, яка негативно впливає на результати операції і відновлення пацієнтів в післяопераційному періоді. В цьому випадку підходом для попередження розвитку післяопераційних кровотеч у кардіохірургічних хворих шляхом є спільне використання в передопераційному періоді шкали HAS-BLED, а в післяопераційному періоді: рутинних методів оцінки гемостазу, аналізу показників тромбодинаміки (початкової швидкості росту згустку і стаціонарної швидкості росту) і клінічної оцінки темпу виділень по дренажу [28].

Успішний результат кардіохірургічного втручання багато в чому залежить від анестезіологічного забезпечення пацієнта. Різноманітність супутньої патології у пацієнтів вимагає від кардіоанестезіологів використання найсучасніших підходів для забезпечення кардіохірургічного втручання.

Відомі дані про те, що неврологічні ускладнення також є одним із факторів смертності у післяопераційному періоді і частота ускладнень після серцевої хірургії є значною. Одним із підходів аналізу є значення магнітно-резонансної томографії (МРТ) головного мозку, використовуючи  $T_1$ -зважені,  $T_2$ -зважені та FLAIR-послідовності, у пацієнтів з післяопераційним інсультом або енцефалопатією, у яких при комп'ютерній томографії (КТ) не виявлено аномалій, що пояснюють їх клінічний стан. В даному випадку у пацієнтів МРТ може допомогти визначити ділянки інфаркту, що не вдалося виявити КТ. Ці зображення можуть поліпшити розуміння лікарями патогенних, патофізіологічних, клінічних та прогностичних характеристик неврологічних ускладнень [29].

Однак ефективність розглянутих підходів, занадто мала, щоб з впевненістю сказати, що з їх допомогою можливо передбачити виникнення всіх можливих ускладнень в післяопераційному періоді для кожного окремого пацієнта. Тому має сенс проведення досліджень із застосуванням більш переконливих методів.

## 1.2. Патологія аортального клапану у дітей та особливості її хірургічного лікування

Вроджені аномалії аортального клапана у дітей – вроджені вади серця, що супроводжуються деформацією стулок клапана з формуванням звуження клапанного отвору та його недостатністю. В цю категорію входять пацієнти як з ізольованим пороком аортального клапана, так із комбінованими вродженими патологіями серця.

Аномалія аортального клапану (АК) зустрічається у 5-15% серед усіх вроджених вад серця, а разом з двостулковим аортальним клапаном (ДАК), який діагностується у 0,8-2% пацієнтів, вважається найпоширенішою серцевою патологією [3]. ДАК (рис. 1.1, б) є клінічно гетерогенним захворюванням, з високою частотою ускладнень, що в 35% випадків вимагають хірургічного втручання на клапані або аорті [4]. До ускладнень ДАК відносять аортальний стеноз, аортальну недостатність (АН), комбіновану аортальну ваду (КАВ), високий ризик розвитку інфекційного ендокардита, коарктацію та аневризму аорти [5].

Аортальний стеноз (АС) (рис. 1.2, б) становить близько 5% від усіх вроджених пороків серця у дітей, що стає причиною надмірного навантаження і поступової нездатності серця виконувати свою насосну функцію. Найчастіше поширеним є клапанний стеноз, що становить близько 80% усіх випадків, рідше зустрічаються підклапанний і надклапанний аортальний стеноз, всього 20%.

Основними факторами розвитку аортального стенозу вважаються наступні вроджені дефекти:

- наявність двостулкового аортального клапану;
- наявність однієї стулки клапану;
- формування мембрани з отвором під клапаном;
- розвиток м'язового валика над клапаном аорти.

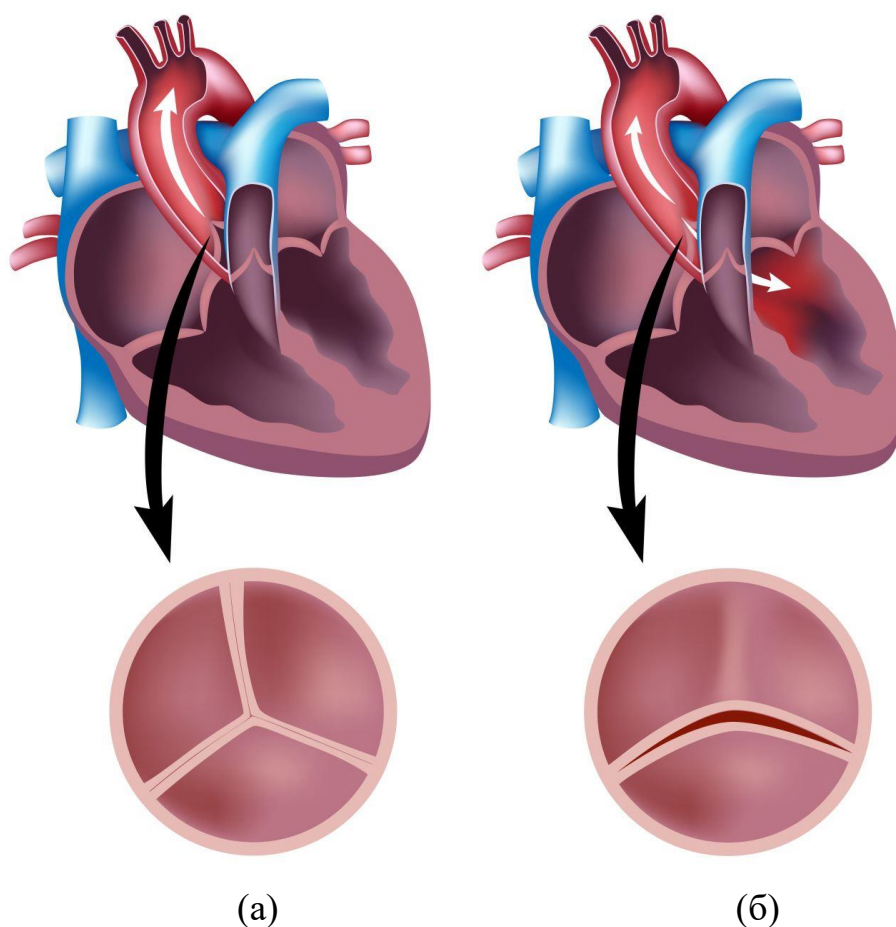


Рисунок 1.1. Аортальний клапан: (а) – тристулковий (здоровий) аортальний клапан; (б) – двостулковий аортальний клапан (патологія).

Також виникнення аортального стенозу пов'язане з хворобами[30]:

1. Інфекційного походження. Зазвичай це відбувається, коли в організм потрапляють стафілококи і стрептококи. З кров'ю вони надходять до серця, провокуючи запальний процес (ендокардит). Хвороба супроводжується утворенням виростів на стулках клапана, які призводять до звуження просвіту і зрощенню стулок. Цей процес є наслідком пневмонії, фарингіту, сепсису.
2. Системного походження, що призводять до патологічного поділу клітин сполучної тканини, з яких складається клапан. Поступово на стулках з'являються новоутворення, що можуть зростатися і в результаті не дають клапану нормально відкритися.

У дітей шкільного віку виражений аортальний стеноз проявляється важкою лівошлуночковою недостатністю, що у більшості випадків частіше, ніж у дітей грудного віку. Діти частіше скаржаться на запаморочення в голові, швидко стомлюваність та часту задишку, непритомність, болі в області серця [31].

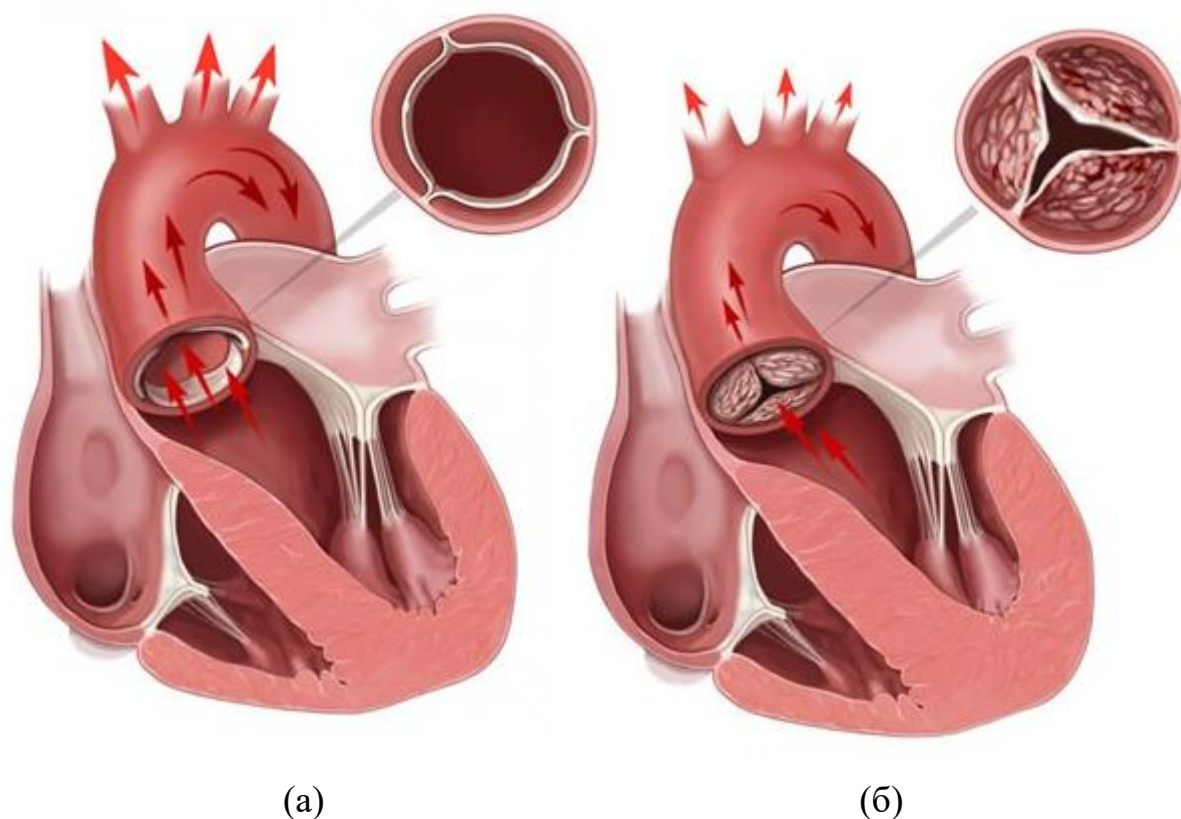


Рисунок 1.2. Аортальний клапан: (а) – в нормі; (б) – при аортальному стенозі.

Недостатність аортального клапану у дитини може виникнути на фоні вродженого порушення, ще в утробному періоді або відразу після народження. Також патологія може бути викликана перенесеними інфекційними захворюваннями, неправильним способом життя майбутньої мами.

Однією з причин недостатності аортального клапана можуть бути інфекційні захворювання, а наявність патогенних мікроорганізмів може привести до інфекційного ураження ендокарда. Через це на клапані

виникає безліч шкідливих бактерій, які впливають на деформацію клапана. Аутоімунні захворювання провокують активне розростання сполучної тканини, що призводить до пошкодження клапанних стулок. Отримання травми в область серця, кальцинування клапана – ці причини пошкодження серцевого клапана можуть привести не тільки до зміни структури і розмірів стулок, а також спровокувати їх повний розрив [32].

При недостатності аортального клапана частина крові повертається під час діастолі з аорти в лівий шлуночок, в результаті чого м'язові волокна лівого шлуночка розтягуються і гіпертрофуються.

Основними проявами є підвищене серцебиття та болі в області серця, бліда шкіра. Пульс швидкий і високий, в окремих випадках можна відзначити появу капілярного пульсу.

Розвиток стенозу гирла аорти у дитини виникає в результаті деформації і розвитку фіброзу, кальцинозу двостулкового аортального клапана, внаслідок перенесеного ревматизму, що у більшості випадків поєднується з ураженням мітрального клапана. Також факторами, що сприяють виникненню патології є ізольований кальциноз аортальних клапанів та інфекційний ендокардит з масивними вегетаціями.

Ще одним видом ускладнення є коарктація аорти, при якій у 98% спостерігається звуження просвіту аорти в області, що знаходиться нижче відходження лівої підключичної артерії. При преедуктивном стенозі звуження спостерігається до відкритої артеріальної протоки, ця форма поєднується з іншими пороками: дефектом міжшлуночкової перегородки, двостулковим клапаном аорти, транспозицією магістральних судин [31].

Клінічні прояви вади мають місце вже в період одразу після народження і проявляються у вигляді симптомів серцевої недостатності. Що стосується дітей старшого віку, то аномалія є безсимптомною, лише іноді проявляється у вигляді легкої стомлюваності або слабкості при фізичних навантаженнях.

Загальними ознаками коарктації аорти є відмінність артеріального тиску на пульсу на руках і ногах. Відмічається артеріальна гіпертензія при вимірюванні тиску на руках на відміну від ніг, де спостерігається більш низький тиск та відсутність або ослаблення пульсу.

Пацієнти з патологією аортального клапану у 15-18% випадках потребують втручання в ранньому віці, а при вроджених патологіях серця ця частка складає 4-5% [6]. Зважаючи на складність хірургічного лікування усунення патології аортального клапану залишається однією з найскладніших операцій сьогодення.

В наш час операцією вибору для лікування новонароджених і маленьких дітей з вираженим клапанним стенозом аорти є транслюмінальна балонна вальвулопластика. Застосування цієї операції у маленьких дітей дає можливість тимчасово послабити ступінь клапанного стенозу аорти до тих пір, поки вони не досягнуть пубертатного періоду або стану зрілості організму, коли, як правило, кільце аорти значно зростає для того, щоб імплантувати протез відповідного розміру [33]. Разом з тим частота розвитку аортальної недостатності після операції транслюмінальної балонної вальвулопластики вище, ніж після операції відкритої аортальної вальвулотомії [34], при якій виконується розсічення стулок серцевих клапанів, що дозволяє покращити рухливість стулок та досягти збільшення площі отвору аортального клапану [35]. Альтернативним методом в цій ситуації є аортальна вальвулопластика, при якій виконується відновлення функцій клапана. Деякі клапани в результаті можуть бути відновлені, але у випадку сильної деформації видаляються і замінюються штучними (рис. 1.3).

У випадку ДАК з вираженими порушеннями гемодинаміки та ятрогенною недостатністю аортального клапана, що виникла після раніше виконаної корекції вродженої патології серця є одними з основних показань для виконання протезування [36]. Найбільш часто ушкодження аортального клапана відбувається при закритті дефекту міжшлуночкової



перегородки через хірургічної помилки – захоплення під час накладання шву правої коронарної або некоронарної стулки клапана в результаті поганої візуалізації.

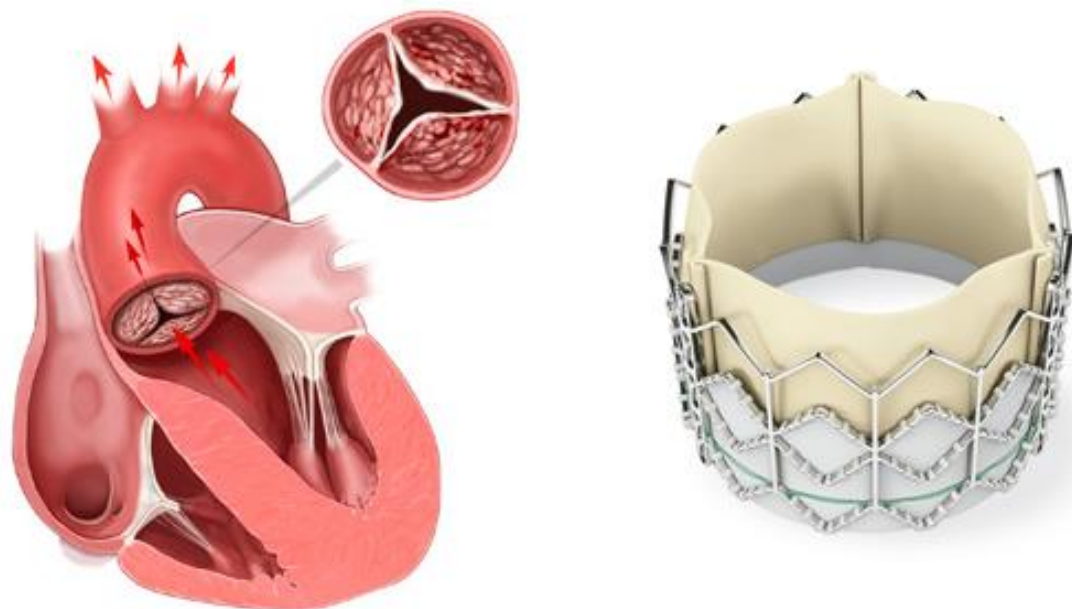


Рисунок 1.3. Приклад штучного протезу для протезування аортального клапана при аортальному стенозі.

Розрізняють два види штучних клапанів серця:

- біологічні клапани, що виготовляються з біологічних тканин людини або тварини;
- механічні – виготовлені з синтетичних матеріалів, металу, вуглецю.

Одним із варіантів також є виконання операції Росса [8] – операція аутотрансплантація клапана легеневої артерії в позицію аортального клапана (рис. 1.4). При процедурі Росса використовують легеневий аутографт, який забезпечує задовільні показники гемодинаміки, шляхом зниження лівошлуночкової постнавантаження і переднавантаження до нормальних значень та здатний до зростання.

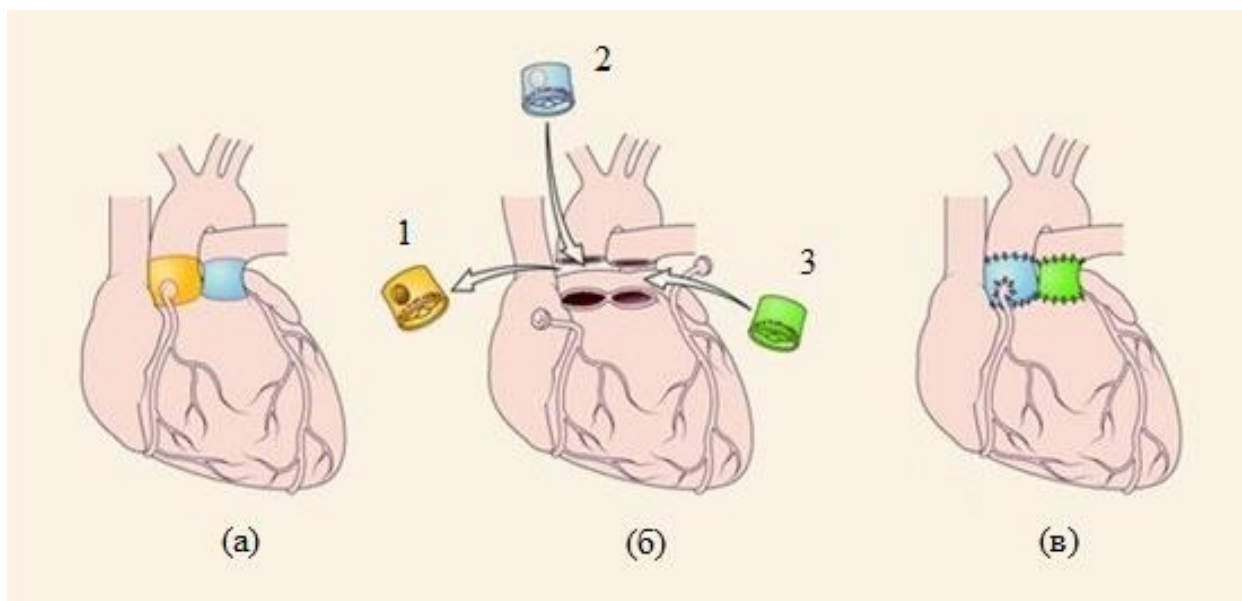


Рисунок 1.4. Операція Росса: (а) – серце до операції; (б) – виконання операції Росса: 1 – власний аортальний клапан; 2 – власний клапан легеневої артерії (аутографт); 3 – легеневий гомографт; (в) – серце після операції.

Цей варіант втручання також характеризується [7]:

- можливістю уникнути невідповідності розмірів протеза у зв'язку з ростом дитини, що дає можливість уникнути потреби у повторній операції через структурні зміни трансплантата;
- відсутністю потреби в прийомі антикоагулянтів;
- відсутністю ризику розвитку емболічних ускладнень у віддаленому періоді;
- стійкістю протеза до розвитку інфекції і ендокардиту;
- простотою виконання імплантації.

### **1.3. Характеристика післяопераційного періоду та існуючі модифікації хірургічного лікування патологій аортального клапан для попередження післяопераційних ускладнень**

Заміна клапана серця у дітей і осіб молодого віку на протез пов'язана з безліччю потенційних проблем, які можуть проявлятися протягом всієї подальшого життя пацієнта. У зв'язку з високим ризиком тромбоутворення, всі пацієнти з механічними штучними клапанами у післяопераційний період потребують довічної антикоагулянтної терапії, а також обмеження у фізичному навантаженні. Крім того необхідно враховувати довічний ризик тромбоемболії і ускладнень, пов'язаних з кровотечею через недотримання режиму прийому антикоагулянтних засобів [37]. До ускладнень, які виникають після імплантації механічного клапана, відносяться також розвиток протезного ендокардиту та порушення ритму серця. У пацієнтів з протезами мітрального клапана можливий розвиток вторинної кардіоміопатії.

Використання гомографтів і біопротезів клапана у дітей також має ряд недоліків. Незважаючи на те що біологічні клапани не вимагають прийому антикоагулянтів, їх розміри з віком не збільшуються, тому тривалість застосування в педіатричній групі обмежена високим ризиком швидкої структурної дегенерації клапанів і їх ранньої кальцифікації [12]. Часто зустрічаються ускладнення включають в себе тромбоемболії, кровотечі і реоперацій [38-39]. Показанням для заміни протеза вважається невідповідність його розміру площі поверхні тіла пацієнта, в зв'язку з чим юний вік під час первинної заміни клапана, а також малий розмір протеза були визначені як фактори ризику для повторної операції.

При виконанні операції Росса основною і найбільш обговорюваною проблемою постає технічна складність виконання операції, що у післяопераційний період може призвести до виникнення ранніх післяопераційних ускладнень. Також можливий ризик обмеженого

функціонування легеневого аутографта та висока частота виконання реоперацій на неоаортальному та неолегеневому клапанах.

В даний час сучасні дослідження акцентують увагу на використанні операції Росса при наявній патології аортального клапану як методу, що дозволяє використати власний аутографт пацієнта для імплантації в позицію пошкодженого аортального клапану, що за анатомічними, гістологічними та функціональними можливостями ідентичні. Основною перевагою такої операції є спроможний до росту аутографт, що дозволяє уникнути повторної операції на аортальному клапані, а також відсутність прийому антикоагулянтів протягом усього життя.

З огляду на складність проведення самої операції і ризику виникнення у післяопераційний період низки ускладнень або навіть летальних випадків проводиться активний пошук модифікацій даної процедури.

Одними із шляхів модифікації операції стала методика субкорональної імплантації та укріплення клапана аутографта при заміні аортального клапана [40-41]. Ці методики дозволять вирішити проблему переважно у дорослих пацієнтів у той час, коли у дітей це питання залишається відкритим через технічну складність та обмеження росту неоаортального клапану [42].

Також було розглянуто покращення методик субкорональної імплантації та укріплення клапана аутографта. Модифікацією стало використання подвійного шва та дистального анастомозів при імплантації легеневого аутографта, а також укріплення некоронарного та частини коронарних синусів залишками аортальної стінки. Це призвело до зменшення виникнення інтраопераційних та післяопераційних кровотеч, а також варіантом запобігання виникнення віддаленої дилатації аутографта за рахунок укріплення неоаортального кореня на рівні базального кільця та синотубулярного з'єднання [43].

З огляду на вище розглянуті модифікації, що в якійсь мірі дають можливість зменшити частоту проявів післяопераційних ускладнень, проведення повторних операцій та ризику виникнення летального випадку, питання пошуку нових альтернативних варіантів, що могли б ще на доопераційному етапі на основі наявних клінічних показників передбачити результати проведеної операції та перебігу післяопераційного періоду, залишається відкритим.

## **Висновки до розділу 1**

Проблема серцево-судинної захворюваності займає чільне місце у системі захворюваності дітей і є основною причиною смертності у всьому світі. Вроджені вади серця є одними з найпоширеніших захворювань серцево-судинної системи, серед яких патологія аортального клапану займає одне із перших місць.

Більшість з новонароджених дітей вже з перших днів життя потребують проведення хірургічного лікування, а третина з них, що знаходяться в критичному стані і без хірургічної допомоги просто помирають. 15-18% пацієнтів потребують втручання в ранньому віці, а при вроджених патологіях серця ця частка складає 4-5%.

В наш час операцією вибору для лікування патології аортального клапану є заміна пошкодженого аортального клапану штучним аортальним клапаном (механічним або біологічним), також розглядається операція Росса, при якій аортальний клапан замінюється власним клапаном легеневої артерії на місце якої імплантується легеневий гомографт.

У випадку використання механічних клапанів, що виготовляються з синтетичних матеріалів, перевагами яких є міцність, довговічність і зносостійкість, недоліками виділяють необхідність антикоагулянтної терапії протягом усього життя, а також імплантацію тільки при відкритому доступі до серця. Біологічні ж клапани, що виготовляються з тканин людей

або тварин, мають можливість імплантації при ендоваскулярному втручанні і обмежують термін прийому антикоагулянтних препаратів до 3 місяців, основними недоліками мають швидку зношуваність. В середньому біологічний клапан працює близько 12-15 років після чого потребує заміни.

При проведенні операції Росса відмічається потенційна здатність трансплантованого легеневого аутографта до росту, що дає можливість використання даної операції у дітей. Також перевагами виділяють довготривалість функціонування, мінімальний ризик кальцифікації та імунологічного пошкодження аутографта, відсутність тромбоемболічних ускладнень без застосування антикоагулянтів. Основними недоліками є технічна складність проведення операцій та високий ризик виникнення кровотеч у післяопераційний період.

Оскільки саме операція Росса вважається номером один при виборі хірургічного лікування у дітей, за рахунок можливості легеневого аутографта до зростання, проводиться активний пошук модифікації проведення даного втручання для забезпечення кращого перебігу післяопераційного періоду, попередження виникнення різного роду ускладнень, реоперацій на летальних випадків. Також постає питання в можливості передбачення перебігу післяопераційного періоду ще на етапі аналізу наявних клінічних показників в доопераційний період для вибору правильної техніки проведення хірургічного втручання.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Матеріали дослідження

Матеріалами дослідження було взято дані проведеного хірургічного лікування патології аортального клапана у дітей різних вікових груп у Державній установі «Науково-практичний медичний центр дитячої кардіології та кардіохірургії Міністерства охорони здоров'я України» міста Києва у період з 2003 року по 2015 рік.

Загальна кількість дітей з серцево-судинними захворюваннями склала 408 пацієнтів, 328 (80,4%) з яких чоловічої статі та 80 (19,6%) – жіночої. Середній вік для усіх пацієнтів становив 92 місяців, мінімальний та максимальний вік дорівнював 0,5 та 180 місяців відповідно. Вага пацієнтів лежала в межах від 3,3 до 68 кг, а середнє значення дорівнювало 27,6 кг. Площі поверхні тіла (ППТ) змінювалася в межах від 0,21 до 1,99 м<sup>2</sup>, а середнє значення становило 0,97 м<sup>2</sup>.

Хворих дітей було розділено на три групи:

- I група – пацієнти віком до 1 року (від 0,5 до 12 місяців) та вагою від 3,3 до 12,5 кілограм;
- II група – пацієнти віком від 1 до 10 років (від 20 до 120 місяців) та вагою від 10 до 45 кілограм;
- III група – пацієнти віком від 11 до 15 років (від 123 до 180 місяців) та вагою від 28 до 68 кілограм.

До I групи увійшло 60 (14,7%) пацієнтів, з яких 40 (66,7%) хворих чоловічої та 20 (33,3%) хворих жіночої статі. Середній вік для даної групи становив 5,14 місяців, а вага – 6 кг. ППТ коливалося в межах від 0,21 до 0,55 м<sup>2</sup>, а середнє значення становило 0,33 м<sup>2</sup>.

До II групи пацієнтів віднесено 204 (50%) пацієнта. 176 (86,3%) із них чоловічої та 28 (13,7%) жіночої статі. Середній вік дорівнював 71,4 місяці, а вага – 21,5 кг. Значення ППТ лежало в межах від 0,47 до 1,41 м<sup>2</sup>, а середнє дорівнювало 0,83 м<sup>2</sup>.

III група об'єднала в собі 144 (35,3%) пацієнта: 122 (84,7%) чоловічої та 32 (15,3%) жіночої статі, з середнім віком 157,2 місяці та вагою 45,3 кг. ППТ лежало в межах від 0,95 до 1,99 м<sup>2</sup>, а середнє значення склало 1,43 м<sup>2</sup>.

Хронічну недостатність кровообігу (ХНК) було діагностовано у 380 (93,1%) пацієнтів та розділено за чотирма стадіями (рис. 2.1):

- I стадія – початкова, прихована недостатність кровообігу;
- IIa стадія – виражена недостатність кровообігу, помірні порушення гемодинаміки, недостатність правого або лівого шлуночка;
- IIб стадія – виражена недостатність кровообігу, тяжкі порушення гемодинаміки в малому і великому колі кровообігу;
- III стадія – дистрофічна, з незворотними змінами тканин і органів.



Рисунок 2.1. Розподіл пацієнтів за стадіями ХНК.

Відповідно до функціональної класифікації Нью-Йоркської Асоціації Кардіологів (NYHA) хронічної серцевої недостатності (ХСН) 388



хворих розподілено за чотирма функціональними класами (рис. 2.2): до першого функціонального класу було віднесено 100 пацієнтів в яких виявлено безсимптомну форму серцевої недостатності (СН), до другого класу (легка форма СН) – 184 пацієнта, до третього класу (СН середнього ступеня тяжкості) – 100 пацієнтів, до четвертого класу (важка форма СН) – 4 пацієнти.

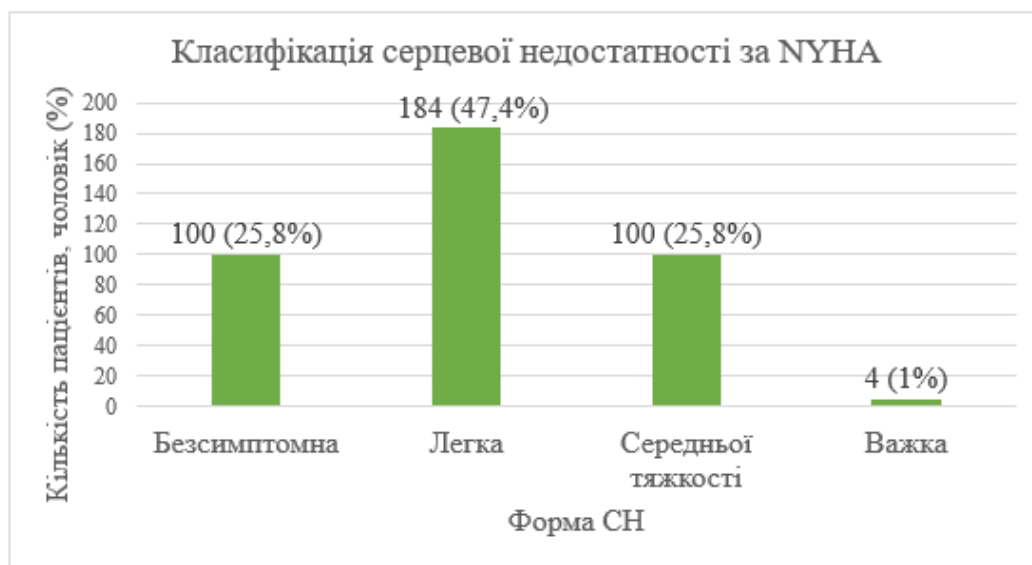


Рисунок 2.2. Розподіл пацієнтів за функціональними класами по NYHA.

У всіх наявних пацієнтів було діагностовано патологію аортального клапана (АК). У 144 (35,3%) хворих виявлено аортальний стеноз (АС), у 220 (53,9%) – аортальну недостатність (АН), а у 44 (10,8%) – комбіновану аортальну ваду (КАВ) (рис. 2.3).

У 356 пацієнтів (87,3%) причиною ураження АК була вроджена вада серця. Патологія АК внаслідок ревматичних уражень зустрічалася у 20 (4,9%) пацієнтів, а у 12 (2,9%) хворих внаслідок інфекційного ендокардиту (ІЕ). Ятрогенна вада після закриття дефекту міжшлуночкової перегородки (VSD) стала причиною патології АК у 20 (4,9%) пацієнтів. У 308 (75,5%) пацієнтів виявлено двостулковий аортальний клапан (ДАК).

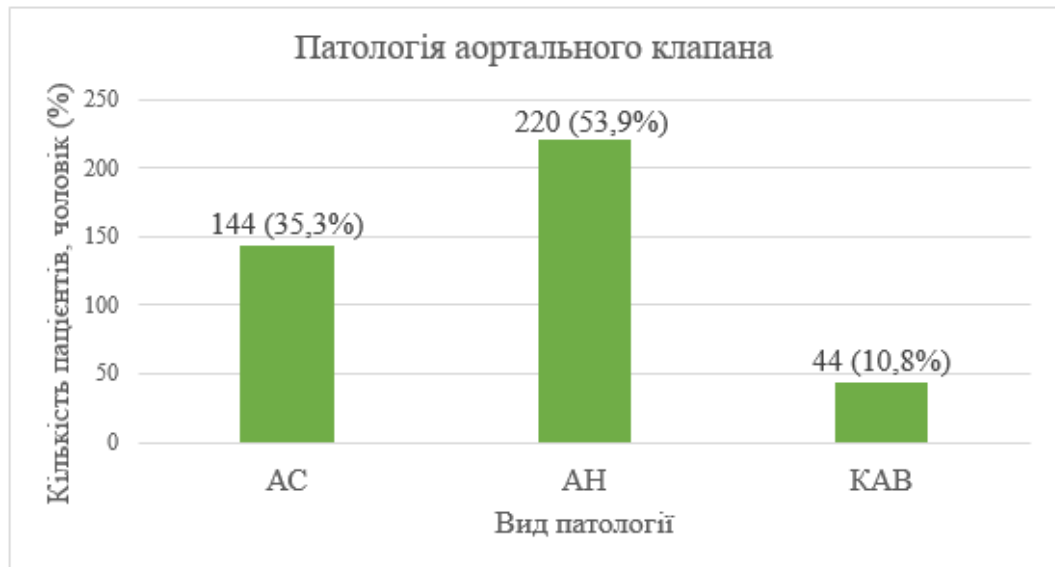


Рисунок 2.3. Розподіл пацієнтів відповідно до виду наявної патології аортального клапану.

З усіх 408 пацієнтів 332 було проведено попередні серцеві втручання: 72 (21,7%) хворим операції зі штучним кровообігом (ШК), 160 (48,2%) – рентгенендоваскулярну дилатацію (РЕД), 24 (7,2%) – закриті операції, 40 (12,1%) – аортальну вальвулопластику, 16 (4,8%) – операцію на АК з закриттям VSD, 8 (2,4%) – операцію при субаортальному стенозі (SAS), 4 (1,2%) – при надклапанному стенозі аорти (SVAS), 4 (1,2%) – операцію на АК з закриттям VSD та на перерваній дугі аорти (IAA), 4 (1,2%) – операцію по закриттю VSD.

В доопераційному періоду 36 (8,8%) пацієнтів знаходилося на штучній вентиляції легень (ШВЛ) та 32 (7,8%) на інотропній підтримці.

В передопераційний період всім пацієнтам було проведено ехокардіографію (Ехо-КГ) та отримано значення наступних показників відповідно до вікової групи пацієнтів (табл. 2.1): кінцево-діастолічного об'єму (КДО), кінцево-діастолічного індексу (КДІ), фракції викиду (ФВ), діаметру базального кільця неоаортального кореня (нео-АК), діаметру висхідної аорти (ААо) на рівні синусів Вальсави (SoV), діаметру ААо на

рівні синотубулярного з'єднання (STJ), діаметру легеневої артерії (ЛА), товщини міжшлуночкової перегородки (МЖП), золотого перетину (ЗП).

Таблиця 2.1

## Показники Ехо-КГ

Показник	Загальна вікова група (n=408)	Вікова група		
		I група (n=60)	II група (n=204)	III група (n=144)
КДО, мл	83,9 [9;258]	41,6 [9;80]	76,8 [22;180]	110,8 [38;258]
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	92 [32;228]	124,5 [35;228]	94,2 [32;196]	75,5 [40;211]
ФВ, %	66,1 [10;86]	49,7 [10;80]	68,5 [25;86]	69,7 [52;86]
d базального кільця нео-АК, мм	17 [5;28]	8,8 [5;14]	16,4 [10;27]	21,1 [15;28]
d ААо на рівні SoV, мм	21,7 [7;38]	11,9 [7;20]	21 [14;34]	26,5 [18;38]
d ААо на рівні STJ, мм	19,6 [6;39]	10,7 [6;18]	18,6 [11;30]	24,7 [17;39]
d ААо, мм	24,2 [6;42]	13,1 [6;21]	22,8 [13;40]	30,9 [22;42]
d кондуїта ЛА, мм	18,7 [2;29]	12,9 [9;16]	18,6 [12;29]	21,1 [2;28]
Товщина МЖП, мм	9,2 [5;20]	6,7 [5;10]	8 [5;13]	11,8 [7;20]
ЗП, мм	8,54 [1;19]	6,36 [5;8]	7,83 [5;14]	10,41 [1;19]
Гradient тиску на нео-АК, мм.рт.ст.	53,4 [6;177]	39,7 [10;100]	47,9 [6;106]	66,8 [8;177]
Гradient тиску на ЛА, мм.рт.ст.	6,2 [2;25]	6,3 [2;25]	6,2 [2;20]	6,2 [3;16]
z-score базального кільця нео-АК	0,94 [-4,3;5,1]	-1,06 [-4,3;3,06]	1,27 [-2,9;5,1]	1,3 [-2;4;41]
z-score SoV	0,47 [-4,8;4,8]	-0,89 [-4,8;3,61]	0,83 [-2,7;4,7]	0,51 [-2,7;4,8]
z-score STJ	1,35 [-4,61;6,09]	-0,12 [-4,61;4,37]	1,55 [-2,7;5,07]	1,7 [-1,6;6,1]
z-score ААо	3,14 [-4,31;8,2]	1,36 [-4,31;5,29]	3,18 [-1,29;6,45]	3,81 [0,49;8,2]

Примітка: n – кількість пацієнтів у групі; d – діаметр.

При проведенні Ехо-КГ також було встановлено попередню кількість стулок аортального клапану для кожного з пацієнтів. ДАК діагностовано у 296 пацієнтів. Визначено стадії фіброзу для кожного з пацієнтів, зафіксовано ступінь АН, недостатності клапану легеневої аорти (НКЛЛА), недостатності мітрального клапану (НМК), недостатності тристулкового клапану (НТК) та кальцинозу.

Всіх пацієнтам було проведено оперативне втручання, 68 (16,7%) з застосування супутньої операції Rosso-Konno, 20 (4,9%) – з виконанням пластики мітрального клапана (МК), 8 (2%) – з закриттям VSD, 8 (2%) – супутня операція Rosso-Konno з пластикою МК. Під час операцій було виявлено у 4 (1%) пацієнтів наявність тристулкового клапана (ТК), коли при Ехо-КГ було діагностовано ДАК та у 4 (1%) – ДАК, коли попередньо було встановлено ТК. Під час операції 264 (64,7%) пацієнтам було накладено джгут на висхідний тракт правого шлуночка (ВТПШ) при кардіоплегії, 40 (9,8%) – виконано зміцнення некоронарної стулки аорти, також усім пацієнтам було накладено дворядний шов.

Середній час тривалості операції дорівнював 455,4 хвилин, час перетиснення аорти та перфузії 114,4 та 182,2 секунд відповідно.

112 (27,5%) хворим було виконано протезування «рідним» протезом із власного клапана та власних тканин пацієнта, 8 (1,9%) – протезами Homograft, 72 (17,7%) – Starr-Edwards, 216 (52,9%) – протезом із синтетичних тканин (рис. 2.4).

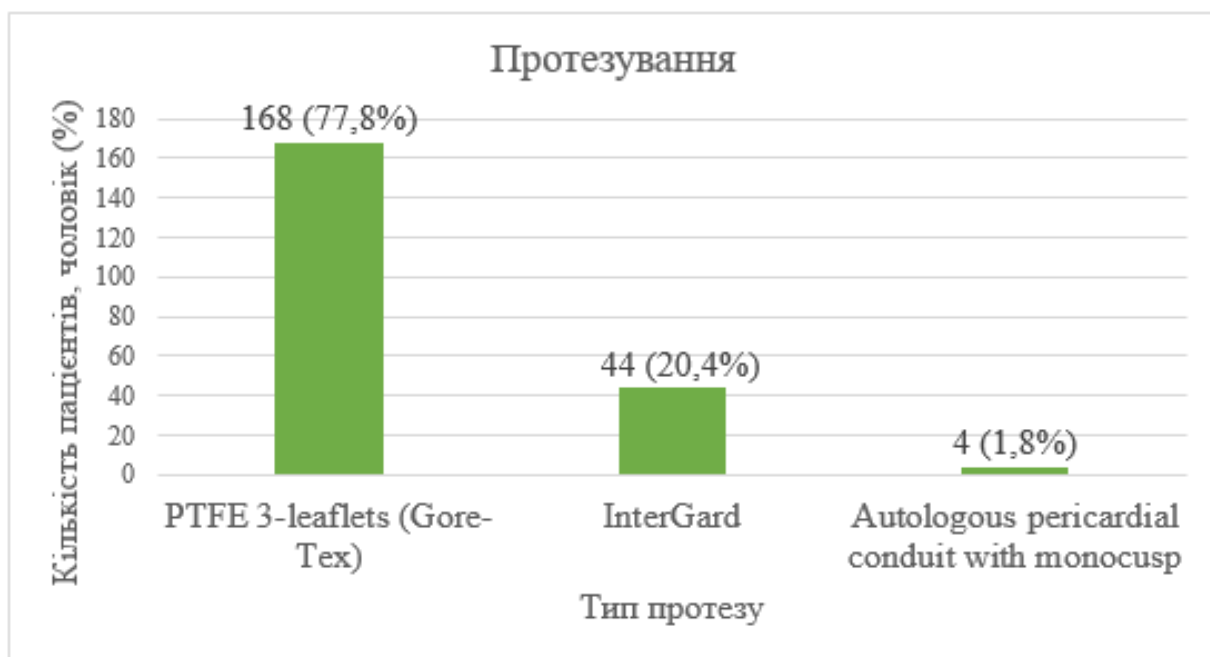


Рисунок 2.4. Протезування протезами із синтетичних тканин.

В ранньому післяопераційному періоді 36 (8,8%) пацієнтам було проведено реторакотомію, у 4 (11,1%) із них було зафіксовано неврологію, у 4 (11,1%) – серцеву слабкість та зниження ФВ, у 8 (22,2%) – слабкість, зниження ФВ та серцеву блокаду. Неврологію у поєднанні з інфекцією, сепсисом та серцевою слабкістю було встановлено у 4 (1%) пацієнтів, серцеву блокаду з плевральною ексудацією – у 4 (1%) пацієнтів.

Загальна кількість пацієнтів з неврологією склала 12 (2,9%) хворих, з серцевою блокадою – 12 (2,9%), з інфекцією та сепсисом – 8 (2%), з серцевою слабкістю та зниженням ФВ – 32 (7,8%), з плевральною ексудацією – 4 (1%) пацієнти.

Результати Ехо-КГ у різний віддалений післяопераційний період вказано в табл. 2.2 – 2.4.

Таблиця 2.2

**Ехо-Кг показники на терміні 6-12 місяців**

Показник	Загальна вікова група (n=408)	Вікова група		
		I група (n=60)	II група (n=204)	III група (n=144)
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	60,8 [28;133]	75,95 [28;133]	60,8 [29;133]	56,1 [31;116]
ФВ, %	65,41 [25;85]	55,3 [30;70]	67,2 [25;85]	65,97 [50;78]
Градiєнт тиску на нео-АК, мм.рт.ст.	7,36 [1;23]	5,5 [3;14]	6,96 [1;17]	8,4 [2;23]
Градiєнт тиску на ЛА, мм.рт.ст.	23,47 [4;65]	22,5 [10;58]	22,57 [4;65]	24,97 [6;50]
z-score базального кільця нео-АК	1,35 [-1,67;3,9]	1,75 [0,5;3,9]	1,31 [-1,04;3,4]	1,27 [-1,67;3]
z-score SoV	1,9 [-1,26;4,36]	2,56 [1,4;3,8]	1,63 [-1,26;3,8]	2,1 [0,5;4,4]
z-score STJ	1,9 [-0,6;4,6]	2,13 [0,8;4,2]	1,71 [-0,59;4,1]	2,1 [0,29;4,6]
z-score AАо	2,3 [0,22;5,03]	2,4 [1,6;2,96]	2,33 [0,22;4,4]	2,26 [0,32;5,03]

Примітка: n – кількість пацієнтів у групі.

Таблиця 2.3

**Ехо-Кг показники на терміні 12-60 місяців**

Показник	Загальна вікова група (n=408)	Вікова група		
		I група (n=60)	II група (n=204)	III група (n=144)
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	60,04 [31;127]	72 [44;127]	58,7 [34;90]	58,5 [31;113]
ФВ, %	66,2 [46;77]	63,7 [46;76]	66,6 [55;77]	66,3 [47;77]
Гradient тиску на нео-АК, мм.рт.ст.	7,2 [2;20]	5,9 [4;10]	7,1 [2;20]	7,7 [3;15]
Гradient тиску на ЛА, мм.рт.ст.	36,5 [2;82]	39,5 [11;70]	37,7 [2;82]	33,8 [7;65]
z-score базального кільця нео-АК	1,93 [0,11;4]	2,22 [1,3;3]	1,9 [0,2;4]	1,9 [0,11;3,5]
z-score SoV	2,77 [0;5,8]	2,9 [1,7;3,6]	2,55 [0;5,22]	3,03 [1;5,8]
z-score STJ	2,6 [0,2;6,5]	2,4 [0,9;3,5]	2,42 [0,6;4]	2,9 [0,2;6,5]
z-score AАо	2,98 [0,39;6,3]	2,51 [0,9;3,93]	2,78 [0,39;4,81]	3,4 [1,5;6,3]

Примітка: n – кількість пацієнтів у групі.

Таблиця 2.4

**Ехо-Кг показники на терміні 60-120 місяців**

Показник	Загальна вікова група (n=408)	Вікова група		
		I група (n=60)	II група (n=204)	III група (n=144)
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	63,03 [33;140]	63,7 [56;74]	53,2 [33;85]	77 [40;140]
ФВ, %	65,03 [46;76]	63,33 [57;68]	67,1 [58;76]	62,5 [46;75]
Гradient тиску на нео-АК, мм.рт.ст.	8,6 [3;18]	7,7 [5;10]	7,4 [3;17]	10,5 [5;18]
Гradient тиску на ЛА, мм.рт.ст.	34,2 [10;73]	31 [18;55]	36,3 [10;73]	32 [12;55]
z-score базального кільця нео-АК	2,2 [0,2;4,3]	2,2 [1,1;3]	2,1 [0,2;4,3]	2,32 [0,5;4,3]
z-score SoV	2,99 [1,04;6,3]	2,8 [2,2;3,3]	2,7 [1,04;4,1]	3,5 [1,5;6,3]
z-score STJ	3,1 [0,37;6,8]	2,4 [1,6;3,6]	2,9 [0,4;4,9]	3,6 [1,5;6,8]
z-score ААо	3,4 [1,4;7]	2,5 [1,5;4]	3,1 [1,43;4,5]	4,3 [2,34;7]

Примітка: n – кількість пацієнтів у групі.

Загалом у післяопераційний період повторну операцію АК було виконано 20 пацієнтів (4,9%), реоперацію ВТПШ – 112 пацієнтів (27,5%), обидві повторні операції було виконано 12 (2,9%) пацієнтів. Також було зафіксовано 63 (15,4%) смертельних випадки серед прооперованих пацієнтів, 4 (6,4%) з яких було проведено реоперацію ВТПШ.



## 2.2. Методи дослідження

Для статистичного опису наявних клінічних показників було використано статистичне програмне забезпечення IBM SPSS Statistics 20 з попередньо підготованою базою даних засобами Microsoft Office Excel 2016.

Для побудови математичних моделей аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці на основі клінічних показників було використано МГУА з використанням покрокового алгоритму з додавання, програмного інструменту для інтелектуального аналізу даних і прогнозування GMDH Shell DS 3.8.9.

Метод групового урахування аргументів дозволяє побудувати математичну модель системи оптимального ступеня складності [44], при чому збільшується точність моделювання за рахунок ускладнення моделі на кожному кроці рекурсії. Таким чином, метод дозволяє побудувати моделі, які мають найвищу точність при прогнозуванні. При цьому найбільш значимі предиктори відбираються автоматично, що знижує вплив сторонніх факторів впливу при моделюванні.

Математичні моделі для прогнозування ймовірності настання реоперації АК та ВТПШ, а також випадків летальності були побудовані з використання задачі класифікації МГУА. Дані випадково були поділені на три вибірки: навчальну, екзаменаційну та тестову. Відсоток спостережень, що відійшли до навчальної вибірки склав 70% усіх пацієнтів, до екзаменаційної та тестової вибірок 20% та 10% відповідно. Класифікатори представили собою поліноми різного ступеня складності. Оцінка точності отриманих моделей здійснювалася за допомогою наступних показників:

- чутливості – ймовірність того, що значення віднесено у правильний клас;
- точності передбачених значень – правильно відібраних значень до загальної кількості відібраних значень алгоритмом;

— значення площі під ROC-кривою, що дозволяє оцінити якість отриманого класифікатора. Значення площі під ROC-кривою, що наближене до 1 свідчить про відмінну якість отриманого класифікатора.

Математичні моделі для прогнозування значень z-score показників базального кільця, синусів Вальсави, синотубулярного з'єднання неоаортального клапану та z-score показників висхідної аорти на термінах 6-12, 12-60, 60-120 місяців, були побудовані з використання прогнозування МГУА. Дані випадковим чином було розділено на навчальну та екзменаційну вибірки. Навчальна вибірка склала 80% усіх наявних спостережень, до екзменаційної увійшло 20% спостережень. Точність отриманих моделей була оцінена за допомогою коефіцієнта детермінації ( $R^2$ ), що є мірою залежності відхилення залежної змінної від відхилення незалежних змінних, що вказує наскільки отримані спостереження підтверджують модель. Значення  $R^2$  наближені до 1 свідчать про високу точність моделей.

Розробка інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом виконувалася за допомогою IDE Microsoft Visual Studio 2017 з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування C# та презентаційної підсистеми WPF. C# вважається однією з найбільш вживаних мов програмування та є повністю об'єктно-орієнтованою мовою. Основними перевагами вибору даної мови програмування є можливість повторного використання створених компонентів, а також те, що вона створювалася паралельно з каркасом Framework .Net і повною мірою враховує всі його можливості. Завдяки каркасу Framework .Net, що стали надбудовою над операційною системою, програмісти C# одержують ті ж переваги роботи з віртуальною машиною, що й програмісти Java. Потужна бібліотека каркасів підтримує зручність побудови різних типів додатків на C#, дозволяючи легко будувати Web-служби, інші види компонентів, досить просто зберігати й одержувати інформацію з бази даних й інших

сховищ даних. Реалізація, що сполучає побудову надійного й ефективного коду, також є одним з головних мови С#.

Для роботи з базу даних пацієнтів була використана СУБД SQLite, що є реляційною база даних, запити до якої можна здійснювати за допомогою мови запитів SQL.

## **Висновки до розділу 2**

Методами статистичної обробки даних було проаналізовано дані 408 дітей за 102 клінічними показниками після проведеного хірургічного лікування патології аортального клапана. Виявлено, що у ранньому післяопераційному періоді деяким з пацієнтів було проведено реторакотомію, також зафіксовано випадки неврології, серцевої слабкості та зниження ФВ, серцевої блокади, наявності інфекції або сепсису, плевральної ексудації. Встановлено, що загалом після проведеного хірургічного лікування у післяопераційний період повторну операцію АК було виконано 20 пацієнтам (4,9%), реоперацію ВТПШ – 112 пацієнтам (27,5%), проведення обох повторних операцій виконувалося 12 (2,9%) пацієнтам. Було зафіксовано 63 (15,4%) летальних випадки серед прооперованих пацієнтів, 4 (6,4%) з яких було проведено повторну операцію ВТПШ.

Розглянуто особливості методу групового урахування аргументів, що використовувався для побудови математичних моделей аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці на основі клінічних показників.

Вказано середовище розробки, мову програмування, допоміжні системи та підсистеми, за допомогою яких виконувалася розробка інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.

### РОЗДІЛ 3

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕБІГУ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ТА ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ У ДІТЕЙ ХВОРИХ НА СЕРЦЕВО-СУДИННІ ЗАХВОРЮВАННЯ

### 3.1. Математичне моделювання ймовірності настання повторної операції аортального клапану

Провівши аналіз загальних клінічних ознак наявних пацієнтів, вимірних передопераційних Ехо-Кг показників, даних проведеної операції, раннього та віддаленого післяопераційного періоду, було розроблено математичну модель прогнозування необхідності повторного проведення операції АК за допомогою МГУА. Дана модель дозволяє визначити належність хворої дитини до одного із двох класів:

- I клас – «умовно здорові» діти – це діти, які в післяопераційний період не потребують проведення реоперації АК;
- II клас – діти, які можуть потребувати повторної операції АК.

Побудована математична модель має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,2066 + 0,0061 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,002 \cdot x_3 \cdot x_4 - 7,1565 \cdot x_5 \cdot \frac{1}{x_6} + 0,0136 \cdot x_7 \cdot x_2 - \\
 & - 0,3238 \cdot x_5 \cdot x_2 + 0,3107 \cdot \frac{1}{x_4} - 0,0205 \cdot x_3 \cdot x_8 + 37,8203 \cdot \frac{1}{x_6} \cdot x_8 - 4,1966 \cdot 10^{-5} \cdot \\
 & \cdot x_9 \cdot x_4 + 0,0051 \cdot x_{10} \cdot x_4 - 0,015 \cdot x_3 \cdot x_{11} - 44,2603 \cdot \frac{1}{x_6} \cdot x_{12} - 0,3156 \cdot x_{13} \cdot x_2 - \\
 & - 0,0004 \cdot x_6 \cdot x_2 - 31,5121 \cdot \frac{1}{x_9} \cdot x_{11}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

де  $y$  – ризик настання реоперації АК;

$x_1$  – діаметр кондуїта ЛА (мм);

$x_2$  – використання протезу з власних тканин;

$x_3$  – діаметр базального кільця нео-АК (мм);

$x_4$  – товщина МЖП (мм);

$x_5$  – стадія фіброзу АК;

$x_6$  – час перфузії (сек);

$x_7$  – вага пацієнта (кг);

$x_8$  – накладання дворядного шва;

$x_9$  – тривалість операції (хв);

$x_{10}$  – виконання повторної операції ВТПШ;

$x_{11}$  – застосування протезу Starr-Edwards;

$x_{12}$  – застосування протезу із синтетичних тканин;

$x_{13}$  – проведення зміцнення некоронарної стулки.

Результатом застосування моделі до навчальної вибірки, куди увійшло 70% усіх пацієнтів, є отримана матриця неточностей (табл. 3.1), що визначає чутливість віднесення даних до одного із класів і точність отриманого класифікатора, та значення площі під ROC-кривою (рис. 3.1), що вказує на якість отриманої моделі.

Таблиця 3.1

**Матриця неточностей для навчальної вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		I клас	II клас	Всього	Чутливість
	I клас	271	13	284	0,954
	II клас	0	10	10	1,000
	Всього	271	23	294	
	Точність	0,956	0,956	0,956	

Отримана матриця неточностей вказує на 95,6% (281 пацієнт) правильно класифікованих спостережень та 4,4% – хибно класифікованих. До I класу було віднесено 95,4% (271 пацієнт) спостережень з усіх, що належать до I класу, решту, 4,6% спостережень, було віднесено до II класу. Це означає, що 13 (4,6%) хворих було визнано тими, яким проводилась

реоперація АК, хоча насправді операція не була проведена. В свою чергу, до II класу було віднесено 10 пацієнтів з 10 повторно оперованих пацієнтів, що говорить про 100% правильність віднесення пацієнтів до потрібного класу.

Чутливість класифікатора для I класу становить 0,954, а для II класу – 1. Точність правильно відібраних значень дорівнює 0,956, а значення площі під ROC-кривою – 0,997.

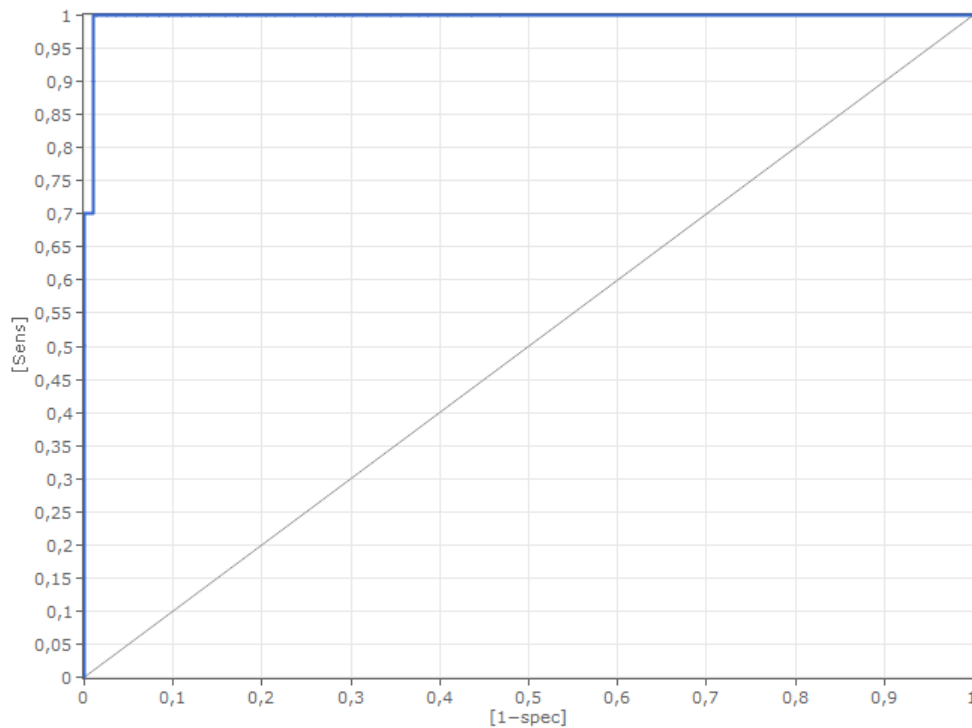


Рисунок 3.1. ROC-крива для навчальної вибірки.

Застосування моделі до екзаменаційної вибірки, що містить 20% усіх спостережень, показало наступні результати (табл. 3.2):

Таблиця 3.2

**Матриця неточностей для екзаменаційної вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		I клас	II клас	Всього	Чутливість
	I клас	67	4	71	0,944
	II клас	0	3	3	1,000
	Всього	67	7	74	
	Точність	0,946	0,946	0,946	

Правильно віднесених до I класу було 67 (94,4%) пацієнтів із 71, решту було віднесено до II класу, вони були визнані реоперованими, хоча насправді повторної операції їм не проводилося. До II класу було віднесено 3 пацієнта із 3, що говорить про 100% правильність віднесення пацієнтів до потрібного класу.

Всього правильно класифіковано моделлю було 70 (94,6%) пацієнтів, а хибно класифіковано – 4 (5,4%) пацієнта. Показники чутливості для I класу та II класу відповідно становлять 0,944 та 1. Точність даної моделі для екзаменаційної вибірки дорівнює 0,946, а значення площі під ROC-кривою (рис. 3.2) – 0,995.

Розроблену математичну модель (3.1) також було застосовано до тестової вибірки для прогнозування повторного проведення операції АК у дітей післяопераційний період і отримано хороші результати (табл. 3.3). Кількість пацієнтів тестової вибірки склала 40 пацієнтів, що дорівнює 10% від усіх спостережень.

Всього правильно класифіковано було 36 (90%) пацієнтів. 87,9% пацієнтів було віднесено до I класу та визнано «умовно здоровими», а 12,1% визнано повторно оперованими, хоча насправді реоперація АК не виконувалася. До II класу було віднесено 7 пацієнтів з 7 реоперованих. Це свідчить про 100% правильно класифікованих спостережень.

Чутливість класифікатора для пацієнтів з I класу тестової вибірки дорівнює 0,879, а для пацієнтів з II класу – 1.

Точність моделі та значення площі під ROC-кривою (рис. 3.3) становить 0,9 та 0,965 відповідно.

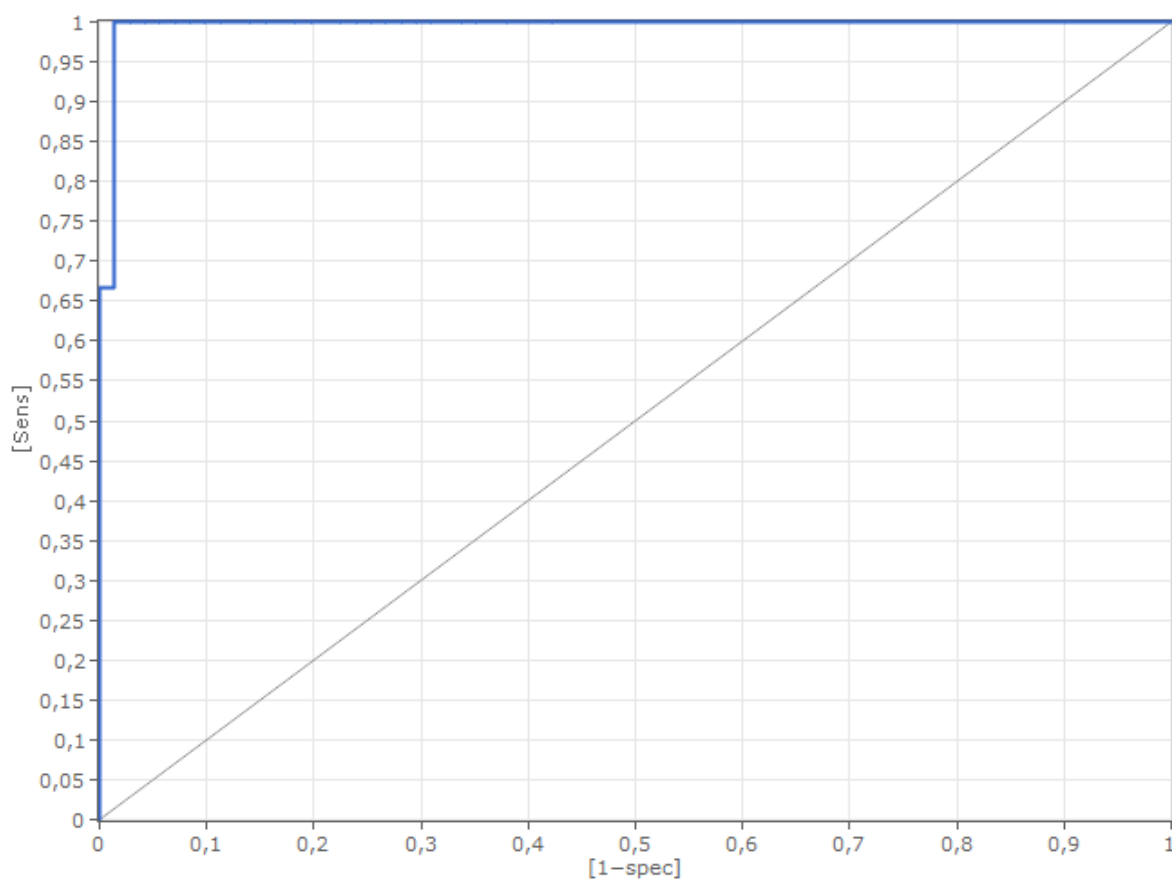


Рисунок 3.2. ROC-крива для екзаменаційної вибірки.

Таблиця 3.3

**Матриця неточностей для тестової вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		I клас	II клас	Всього	Чутливість
	I клас	29	4	33	0,879
	II клас	0	7	7	1,000
	Всього	29	11	40	
	Точність	0,900	0,900	0,900	

Отримані високі показники чутливості, точності та значення площі під ROC-кривою для навчальної, екзаменаційної та тестової вибірок вказують на відмінну якість отриманої математичної моделі (3.1).



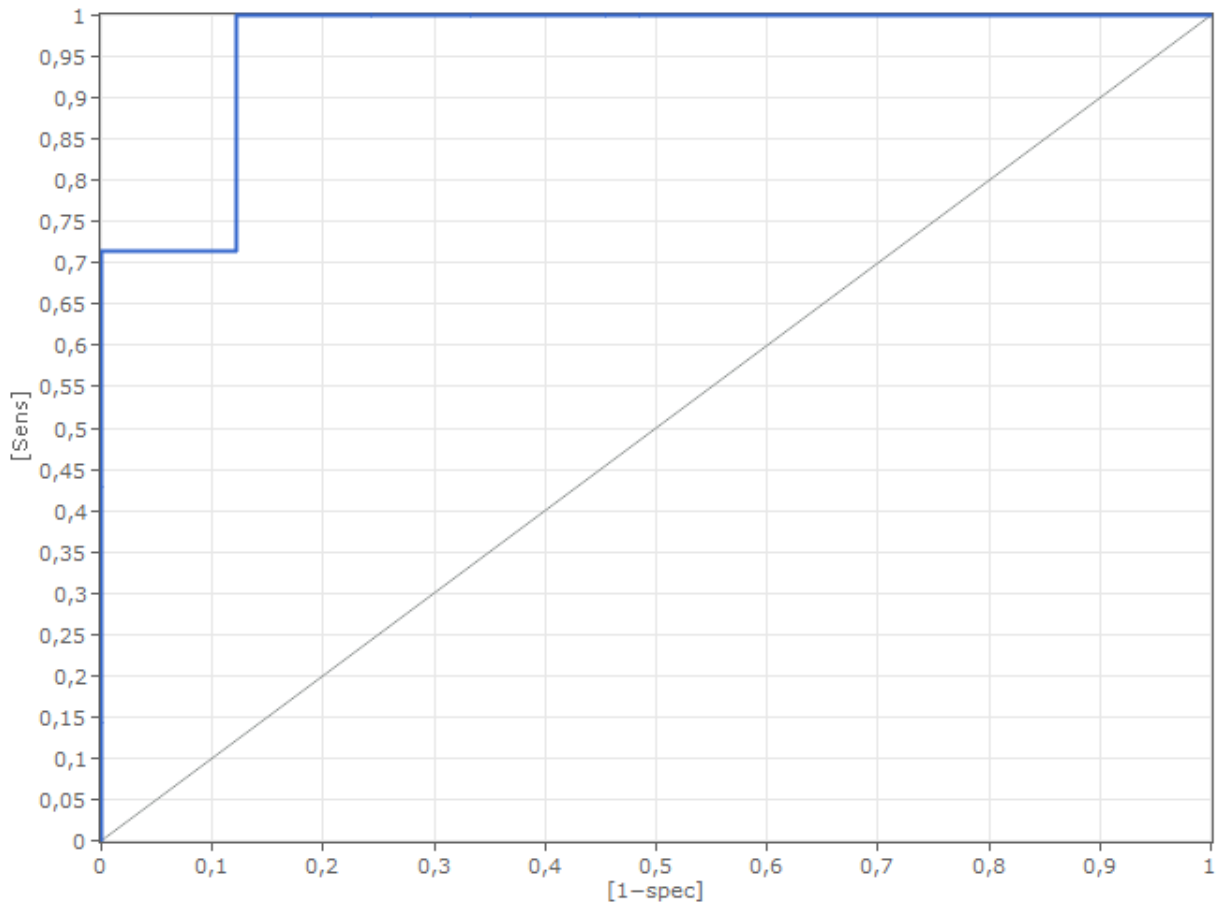


Рисунок 3.3. ROC-крива для тестової вибірки.

### 3.2. Математичне моделювання ймовірності настання повторної операції висхідного тракту правого шлуночка

При моделювання виникнення реоперації ВТПШ був розроблений класифікатор, що найкращим чином дає можливість розділити пацієнтів на такі класи:

- І клас – діти, яким не проводилась повторна операція;
- II клас – діти, яким було повторно проведено операцію ВТПШ.

Отримана математична модель МГУА має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
y = & -0,1572 + 0,0429 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0152 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0,1064 \cdot x_5 \cdot x_4 - \\
& -0,5238 \cdot x_6 + 0,2812 \cdot x_2 \cdot x_7 + 0,3502 \cdot x_2 \cdot x_8 + 1,0043 \cdot x_9 - \\
& -0,0235 \cdot x_{10} \cdot x_{11} + 0,1578 \cdot x_6 \cdot x_4 - 0,2383 \cdot x_{11} \cdot x_{12} + 0,9068 \cdot \\
& \cdot x_{13} \cdot x_{14} - 0,0259 \cdot x_5^2 - 0,0104 \cdot x_{15} \cdot x_2 - 0,4722 \cdot x_6 \cdot x_7 - 0,2436 \cdot \\
& \cdot x_3 \cdot x_7 - 0,0466 \cdot x_{11} \cdot x_8 + 0,0392 \cdot x_1 \cdot x_{16} + 9,5251 \cdot 10^{-5} \cdot x_{15}^2 - \\
& -0,007 \cdot x_{15} \cdot x_{16} - 0,0005 \cdot x_{15} \cdot x_1 + 0,3865 \cdot x_{14} \cdot x_7 - 0,0083 \cdot x_1 \cdot \\
& \cdot x_7 + 0,0119 \cdot x_{15} \cdot x_{14} - 0,0423 \cdot x_1 \cdot x_{14} - 0,3023 \cdot x_5 \cdot x_{17}
\end{aligned} \tag{3.2}$$

де  $y$  – ризик настання реоперації ВТПШ;

$x_1$  – вага пацієнта (кг);

$x_2$  – наявність вродженої патології АК;

$x_3$  – проведення аортальної вальвулопластики в доопераційний період;

$x_4$  – виявлена кількість стулок АК при Ехо-КГ;

$x_5$  – ступінь кальцинозу АК;

$x_6$  – інотропна підтримка в доопераційний період;

$x_7$  – використання протезу PTFE 3-leaflets (Gore-Tex);

$x_8$  – проведення реоперації АК;

$x_9$  – супутня операція по закриттю VSD;

$x_{10}$  – площа поверхні тіла ( $\text{м}^2$ );

$x_{11}$  – градієнт тиску на легеневу артерію (мм.рт.ст.);

$x_{12}$  – післяопераційна серцева блокада;

$x_{13}$  – інфекційний ендокардит;

$x_{14}$  – двостулковий аортальний клапан;

$x_{15}$  – вік пацієнта (місяці);

$x_{16}$  – діагностована кількість стулок АК при операції;

$x_{17}$  – застосування протезу InterGard.

Отримана модель (3.2) була застосована до навчальної, екзаменаційної та тестової вибірок, куди увійшло 70%, 20% та 10% спостережень відповідно.

Результати моделювання настання реоперації ВТПШ на навчальній вибірці відображені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

**Матриця неточностей для навчальної вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		I клас	II клас	Всього	Чутливість
	I клас	188	25	213	0,883
	II клас	14	67	81	0,827
	Всього	202	92	294	
	Точність	0,867	0,867	0,867	

За результатами було отриману загальну кількість правильно віднесених спостережень 86,7%, що дорівнює 255 пацієнтам із 408, 13,3% (39 пацієнтів) було хибно класифіковано. Всього кількість правильно віднесених до I класу пацієнтів склала 188 чоловік (88,3%) з 213, решта 25 (11,7%) пацієнтів було віднесено до II класу, хоча насправді вони відносилися до I класу.

Чутливість моделі на навчальній вибірці для I класу дорівнює 0,883, а для II – 0,827. Точність отриманої прогностичної моделі становить 0,867, а значення площі під ROC-кривою (рис. 3.4) – 0,959.

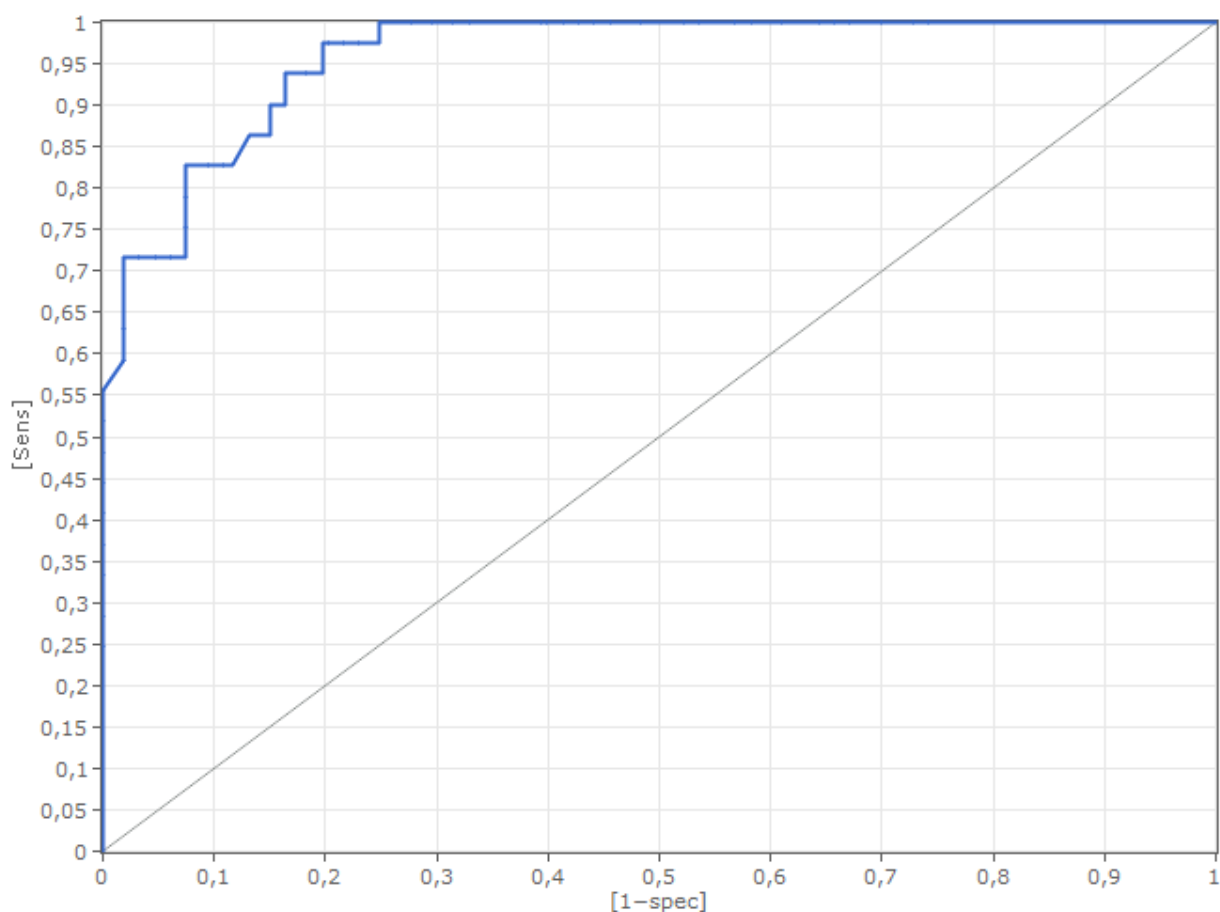


Рисунок 3.4. ROC-крива для навчальної вибірки.

Результатами моделювання настання реоперації ВТПШ на екзаменаційній вибірці є показники, що відображені в матриці неточності нижче (табл. 3.5):

Таблица 3.5

**Матриця неточностей для екзаменаційної вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		I клас	II клас	Всього	Чутливість
	I клас	46	7	53	0,868
	II клас	5	16	21	0,762
	Всього	51	23	74	
	Точність	0,838	0,838	0,838	

З матриці неточностей маємо, що з усіх спостережень правильно класифікованих 83,8% (62 людини), а 16,2% (12 людей) – класифіковано невірно. З усіх 53 пацієнтів, що відносяться до I класу, 46 (86,8%) було

класифіковано вірно, а 13,2% (7 чоловік) віднесено до II класу, тобто вони є «помилково позитивними». Відсоток правильно віднесених спостережень до II класу склав 76,2%, що становить 16 пацієнтів із 21, решта, 23,8%, було визнано «помилково негативними» та віднесеними до I класу.

Чутливість математичної моделі на екзаменаційній вибірці для I та II класу склала 0,868 та 0,762 відповідно.

Точність правильно класифікованих спостережень до загальної їх кількості дорівнює 0,838. Значення площі під ROC-кривою, що дає можливість визначення якості моделі, становить 0,947 (рис. 3.5).

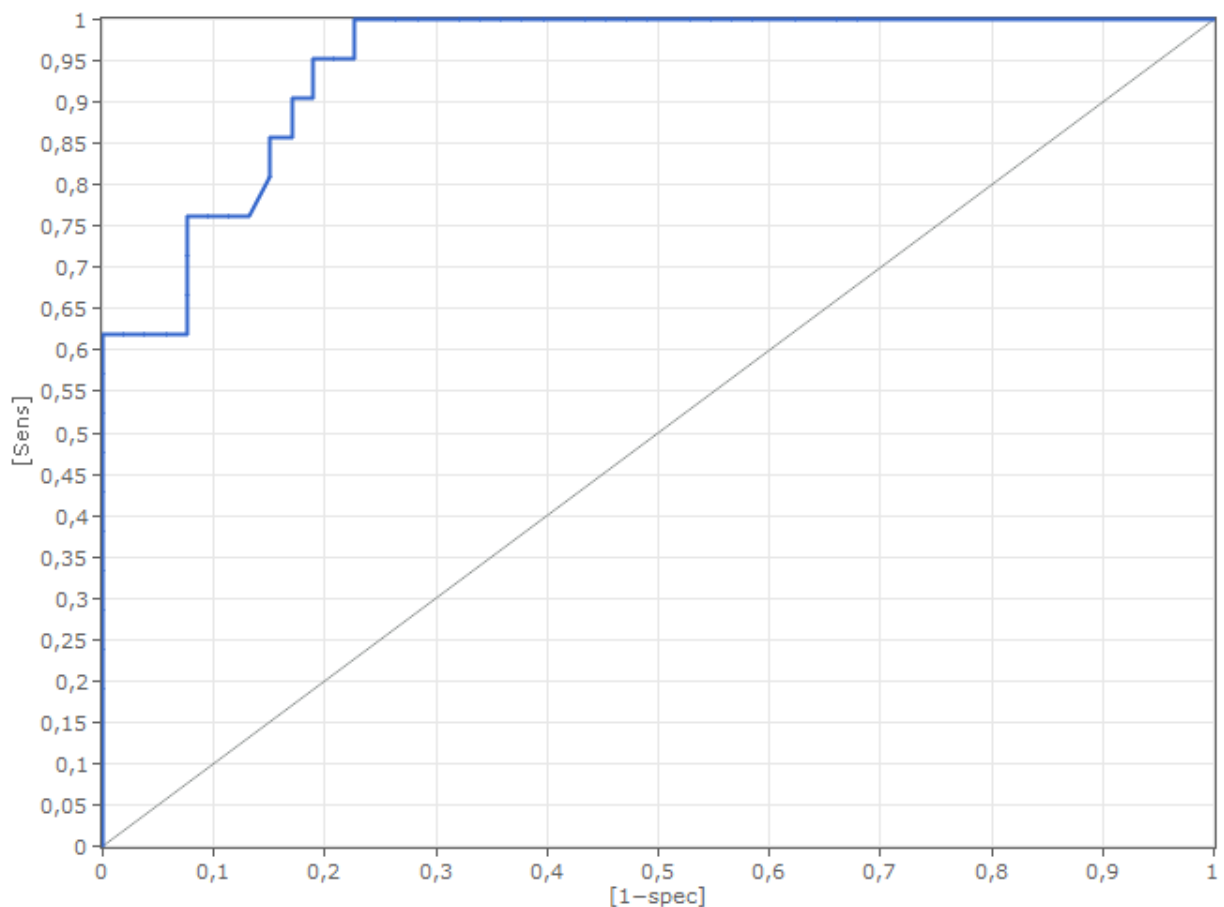


Рисунок 3.5. ROC-крива для екзаменаційної вибірки.

Використання математичної моделі для прогнозування настання реоперації ВТПШ на тестовій вибірці показало (табл. 3.6), що відсоток правильно класифікованих спостережень становить 87,5% (35 пацієнтів із 40). Кількість правильно віднесених пацієнтів, які не перенесли

реоперацію ВТПШ до I класу склала 86,7% (26 хворих), решта 13,3% є «помилково позитивними». Кількість правильно віднесених пацієнтів до II класу становить 90% (9 пацієнтів) з 10 пацієнтів, яким проводилася повторна операція ВТПШ, решта 10% було визнано «помилково негативними».

Чутливість, що свідчить про правильність віднесення пацієнтів до I класу дорівнює 0,867, а для пацієнтів віднесених до II класу – 0,9. Точність математичної моделі дорівнює 0,875.

Таблиця 3.6

### Матриця неточностей для тестової вибірки

		Класифіковано як			
Фактичні значення		I клас	II клас	Всього	Чутливість
	I клас	26	4	30	0,867
	II клас	1	9	10	0,900
	Всього	27	13	40	
	Точність	0,875	0,875	0,875	

Значення площі під ROC-кривою вказує на відмінну якість побудованої моделі і дорівнює 0,957 (рис. 3.6).

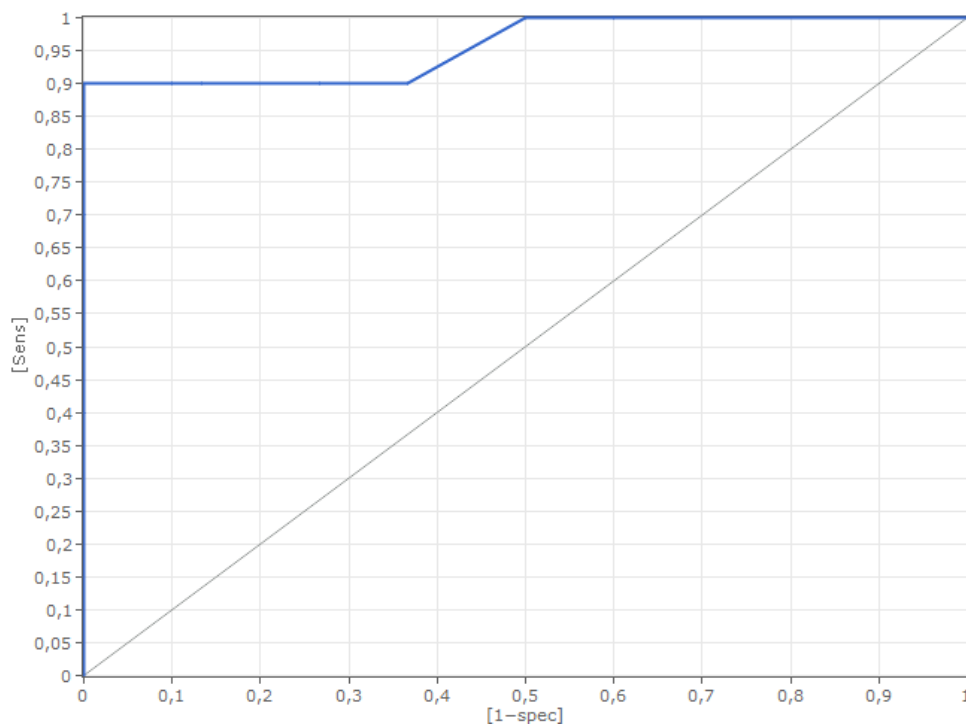


Рисунок 3.6. ROC-крива для тестової вибірки.

### 3.3. Математичне моделювання z-score показників неоаортального кореня та висхідної аорти у віддаленому післяопераційному періоді

Математичне моделювання показників z-score базального кільця нео-АК у різні терміни віддаленого післяопераційного періоду виконувалося методом групового урахування аргументів. Розглянутими термінами були 6-12 місяців, 12-60 місяців та 60-120 місяців.

Дані, які використовувалися для дослідження були випадковим чином розділені на навчальну та екзаменаційну вибірки у співвідношенні 4:1, тобто до навчальної вибірки відійшло 80% усі спостережень, а екзаменаційна вибірка склала 20%.

Для оцінки точності розрахованих математичних моделей використовувався коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ), що вказує, яка частка дисперсії результативної ознаки пояснюється впливом незалежних змінних.

#### 3.3.1. Моделювання показників z-score базального кільця неоаортального кореня

Отримані математичні моделі для знаходження показників z-score базального кільця нео-АК у різні терміни віддаленого післяопераційного періоду мають наступний вигляд:

1) z-score базального кільця нео-АК на терміні 6-12 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,668 \cdot x_6 \cdot x_7 + 0,003 \cdot \frac{x_9}{x_{13}} - 3,301 \cdot \frac{1}{x_{12} \cdot x_{16}} - 1,131 \cdot \frac{x_{17}}{x_{16}} - 0,481 \cdot \frac{x_6}{x_{11}} + \\
 & + 0,057 \cdot \frac{x_{14}}{x_{13}} - 63,378 \cdot \frac{x_{19}}{x_9} + 0,116 \cdot x_3 \cdot x_{14} + 0,427 \cdot x_7 \cdot x_{19} + 0,093 \cdot x_6 \cdot x_{15} - \\
 & - 0,378 \cdot x_4 \cdot x_{13} + 0,009 \cdot x_{13} \cdot x_9 + 1,834 \cdot \frac{x_{12}}{x_5} + 0,479 \cdot x_8 \cdot x_{14} + 6,672 \cdot \frac{x_3}{x_1} + \\
 & + 0,021 \cdot \frac{x_{15}}{x_1} + 0,008 \cdot x_4 \cdot x_{18} - 0,724 \cdot x_5 \cdot x_6 - 0,016 \cdot x_4 \cdot x_{11} - 0,008 \cdot x_3 \cdot x_{10} + \\
 & + 0,059 \cdot x_{16} \cdot x_{19} + 92,291 \cdot \frac{x_{18}}{x_9} - 0,005 \cdot x_2 \cdot x_7 + 1,874
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score базального кільця нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_1$  – вік пацієнта (місяці);

$x_2$  – вага (кг);

$x_3$  – АС;

$x_4$  – АН;

$x_5$  – наявність вродженої патології АК;

$x_6$  – проведення попередніх втручань зі ШК;

$x_7$  – проведення попередньої РЕД;

$x_8$  – попереднє втручання при SAS;

$x_9$  – КДІ (мл/м<sup>2</sup>);

$x_{10}$  – ФВ (%);

$x_{11}$  – градієнт тиску нео-АК (мм.рт.ст.);

$x_{12}$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;

$x_{13}$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;

$x_{14}$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;

$x_{15}$  – градієнт тиску на легеневу артерію (мм.рт.ст.);

$x_{16}$  – товщина МЖП (мм);

$x_{17}$  – ЗП (мм);

$x_{18}$  – використання протезу Homograft;

$x_{19}$  – використання протезу PTFE 3-leaflets (Gore-Tex).

2) z-score базального кільця нео-АК на терміні 12-60 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,264 \cdot x_{17} + 0,210 \cdot x_{15} \cdot x_{18} + 0,002 \cdot x_6 \cdot x_9 - 0,071 \cdot x_{10} \cdot x_{12} + \\
 & + 0,097 \cdot x_3 \cdot x_{14} - 0,264 \cdot x_5 \cdot x_{14} + 0,012 \cdot x_8 \cdot x_{11} - 0,057 \cdot x_1 \cdot x_{13} - \\
 & - 0,062 \cdot x_9 \cdot x_{20} + 0,008 \cdot x_7 \cdot x_{19} - 0,258 \cdot x_1 \cdot x_{16} + 0,503 \cdot x_4 \cdot x_{12} + \\
 & + 0,136 \cdot x_{11} \cdot x_{19} - 0,064 \cdot x_{14} \cdot x_{16} - 0,015 \cdot x_2 \cdot x_7 + 6,103
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$



де  $y$  – прогнозоване значення z-score базального кільця нео-АК на терміні 12-60 місяців;

$x_1$  – АС;

$x_2$  – супутня операція Ross-Konno;

$x_3$  – супутня операція пластики МК;

$x_4$  – попереднє втручання при SAS;

$x_5$  – КДІ (мл/м<sup>2</sup>);

$x_6$  – градієнт тиску нео-АК (мм.рт.ст.);

$x_7$  – діаметр базального кільця нео-АК (мм);

$x_8$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;

$x_9$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;

$x_{10}$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;

$x_{11}$  – початкове значення z-score висхідної аорти;

$x_{12}$  – стадія фіброзу АК;

$x_{13}$  – степінь кальцинозу АК;

$x_{14}$  – ЗП (мм);

$x_{15}$  – використання протезу Homograft;

$x_{16}$  – використання протезу із синтетичних тканин;

$x_{17}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_{18}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_{19}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_{20}$  – z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців.

3) z-score базального кільця нео-АК на терміні 60-120 місяців:

$$\begin{aligned}
y = & -0,472 \cdot x_{10} \cdot x_{15} + 0,323 \cdot x_{10} \cdot x_{13} + 0,967 \cdot x_1 \cdot x_{14} - 0,005 \cdot x_8 \cdot x_{15} + \\
& + 0,046 \cdot x_3 \cdot x_9 - 0,017 \cdot x_4 \cdot x_{11} + 0,011 \cdot x_2^2 + 0,056 \cdot x_{11} \cdot x_{13} - 0,011 \cdot x_3^2 + \\
& + 0,035 \cdot x_4 \cdot x_9 + 0,078 \cdot x_{10} \cdot x_{12} - 0,003 \cdot x_6 \cdot x_{10} + 0,030 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\
& - 0,006 \cdot x_5 \cdot x_{16} + 1,316 \cdot x_5 \cdot x_7 + 1,002
\end{aligned} \tag{3.5}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score базального кільця нео-АК на терміні 60-120 місяців;

$x_1$  – інотропна підтримка в доопераційний період;

$x_2$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;

$x_3$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;

$x_4$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;

$x_5$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);

$x_6$  – час перетиснення аорти при операції (сек);

$x_7$  – час перфузії (сек);

$x_8$  – тривалість операції (хв);

$x_9$  – накладання дворядного шва;

$x_{10}$  – використання протезу з власних тканин;

$x_{11}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_{12}$  – z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців;

$x_{13}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 12-60 місяців;

$x_{14}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 12-60 місяців;

$x_{15}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 12-60 місяців;

$x_{16}$  – z-score висхідної аорти на терміні 12-60 місяців.

Отримані коефіцієнти детермінації розрахованих математичних моделей для навчальної та екзаменаційної вибірок наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

**Оцінка якості моделей для z-score базального кільця нео-АК**

Вибірка	Коефіцієнти детермінації ( $R^2$ ) для терміну:		
	6-12 місяців	12-60 місяців	60-120 місяців
Навчальна	0,827	0,823	0,888
Екзаменаційна	0,811	0,789	0,853

Наведені коефіцієнти детермінації в наведеній вище табл. 3.7 розрахованих моделей (3.3), (3.4), (3.5) для навчальної та екзаменаційної вибірок мають досить високі значення, що свідчить про високу точність отриманих моделей. (про відмінну якість отриманих моделей).

### **3.3.2. Моделювання значення z-score синусів Вальсави неоаортального кореня**

Отримані математичні моделі для знаходження показників z-score синусів Вальсави нео-АК у різні терміни віддаленого післяопераційного періоду мають наступний вигляд:

1) z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 6-12 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & -1,106 \cdot x_6 \cdot x_{18} + 1,209 \cdot x_7 \cdot x_{20} - 0,748 \cdot x_3 \cdot x_7 + 13,501 \cdot \frac{1}{x_4 \cdot x_{12}} - \\
 & -12,760 \cdot \frac{1}{x_9 \cdot x_{12}} - 25,695 \cdot \frac{x_5}{x_{16}} + 1,795 \cdot x_3 \cdot x_{19} - 0,081 \cdot x_{11} \cdot x_{12} + 78,745 \cdot \\
 & \cdot \frac{x_6}{x_9} + 0,103 \cdot x_7 \cdot x_{15} + 0,021 \cdot x_{13} \cdot x_{16} + 0,107 \cdot \frac{x_{14}}{x_{12}} + 3,139 \cdot \frac{1}{x_{12} \cdot x_{17}} + 0,662 \cdot \\
 & \cdot x_{14} \cdot x_{18} - 0,917 \cdot x_1 \cdot x_{10} - 0,656 \cdot x_4 \cdot x_{19} + 0,318 \cdot x_8 \cdot x_{11} + 0,702
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_1$  – вік пацієнта (місяці);

$x_2$  – вага (кг);

$x_3$  – АС;

- $x_4$  – наявність вродженої патології АК;
- $x_5$  – супутня операція по закриттю VSD;
- $x_6$  – проведення попередніх втручань зі ШК;
- $x_7$  – проведення попередньої РЕД;
- $x_8$  – попереднє втручання при SAS;
- $x_9$  – КДЦ (мл/м<sup>2</sup>);
- $x_{10}$  – ФВ (%);
- $x_{11}$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;
- $x_{12}$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;
- $x_{13}$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;
- $x_{14}$  – степінь кальцинозу АК;
- $x_{15}$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);
- $x_{16}$  – товщина МЖП (мм);
- $x_{17}$  – ЗП (мм);
- $x_{18}$  – накладення жгута на ВТПШ при кардіоплегії;
- $x_{19}$  – використання протезу Homograft;
- $x_{20}$  – використання протезу PTFE 3-leaflets (Gore-Tex).

2) z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 12-60 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,047 \cdot x_9 \cdot x_{14} - 0,072 \cdot x_2 \cdot x_{12} - 0,503 \cdot x_3 \cdot x_5 + 0,386 \cdot x_6 \cdot x_{11} - \\
 & - 0,019 \cdot x_1 \cdot x_8 - 0,034 \cdot x_{10} \cdot x_{16} + 0,231 \cdot x_{15} - 0,036 \cdot x_1 \cdot x_{12} + 0,061 \cdot \\
 & \cdot x_5 \cdot x_9 - 0,032 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,039 \cdot x_4 \cdot x_7 + 0,298 \cdot x_4 \cdot x_6 + 0,035 \cdot x_{10} \cdot \\
 & \cdot x_{13} + 0,669
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 12-60 місяців;

- $x_1$  – вік пацієнта (місяці);
- $x_2$  – ППТ (м<sup>2</sup>);

- $x_3$  – АС;  
 $x_4$  – супутня операція Ross-Konno;  
 $x_5$  – проведення попередніх втручань зі ШК;  
 $x_6$  – проведення попередньої РЕД;  
 $x_7$  – градієнт тиску нео-АК (мм.рт.ст.);  
 $x_8$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;  
 $x_9$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;  
 $x_{10}$  – початкове значення z-score висхідної аорти;  
 $x_{11}$  – ДАК;  
 $x_{12}$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);  
 $x_{13}$  – час перетиснення аорти при операції (сек);  
 $x_{14}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 6-12 місяців;  
 $x_{15}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців;  
 $x_{16}$  – z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців.

3) z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 60-120 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & -0,267 \cdot x_{17} \cdot x_{19} + 0,199 \cdot x_1 \cdot x_6 - 0,034 \cdot x_7 \cdot x_{20} + 0,031 \cdot x_5 + \\
 & + 0,002 \cdot x_{11} \cdot x_{12} + 0,282 \cdot x_3 \cdot x_{13} + 0,048 \cdot x_8 + 0,075 \cdot x_{14} \cdot x_{19} - \\
 & - 0,066 \cdot x_1 \cdot x_{15} - 0,004 \cdot x_9 \cdot x_{20} - 0,075 \cdot x_2 \cdot x_6 + 0,475 \cdot x_4 \cdot x_{19} - \\
 & - 0,121 \cdot x_5 \cdot x_{20} - 0,004 \cdot x_{10} \cdot x_{12} - 0,053 \cdot x_6 \cdot x_{16} - 0,073 \cdot x_6 \cdot x_{17} - \\
 & - 0,066 \cdot x_{18} + 0,006 \cdot x_5 \cdot x_7 + 1,246
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 60-120 місяців;

- $x_1$  – стать;  
 $x_2$  – наявність ятрогенної патології АК;  
 $x_3$  – інотропна підтримка в доопераційний період;

- $x_4$  – проведення попередніх втручань зі ШК;
- $x_5$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;
- $x_6$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;
- $x_7$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;
- $x_8$  – початкове значення z-score висхідної аорти;
- $x_9$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);
- $x_{10}$  – час перетиснення аорти при операції (сек);
- $x_{11}$  – час перфузії (сек);
- $x_{12}$  – тривалість операції (хв);
- $x_{13}$  – накладання дворядного шва;
- $x_{14}$  – використання протезу з власних тканин;
- $x_{15}$  – неврологія;
- $x_{16}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 6-12 місяців;
- $x_{17}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 6-12 місяців;
- $x_{18}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців;
- $x_{19}$  – z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців;
- $x_{20}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 12-60 місяців;
- $x_{21}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 12-60 місяців;
- $x_{23}$  – z-score висхідної аорти на терміні 12-60 місяців.

Отримані коефіцієнти детермінації розрахованих математичних моделей для навчальної та екзаменаційної вибірок наведені в табл. 3.8.

Наведені коефіцієнти детермінації в наведеній вище табл. 3.8 розрахованих моделей (3.6), (3.7), (3.8) для навчальної та екзаменаційної вибірок мають досить високі значення, що свідчить про високу точність отриманих моделей. (про відмінну якість отриманих моделей).

Таблиця 3.8

**Оцінка якості моделей для z-score синусів Вальсави нео-АК**

Вибірка	Коефіцієнти детермінації ( $R^2$ ) для терміну:		
	6-12 місяців	12-60 місяців	60-120 місяців
Навчальна	0,856	0,863	0,796
Екзаменаційна	0,772	0,801	0,845

**3.3.3. Моделювання значення z-score синотубулярного з'єднання неоаортального кореня**

Отримані математичні моделі для знаходження показників z-score синотубулярного з'єднання нео-АК у різні терміни віддаленого післяопераційного періоду мають наступний вигляд:

1) z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & -0,015 \cdot x_{11} \cdot x_{20} + 3,901 \cdot x_{15} \cdot x_{21} + 0,024 \cdot \frac{x_{13}}{x_{14}} - 0,027 \cdot x_7 \cdot x_{11} - \\
 & -10,673 \cdot x_4 \cdot x_{21} + 0,746 \cdot x_7 \cdot x_8 - 0,012 \cdot x_6 \cdot x_{10} + 0,004 \cdot x_{10} \cdot x_{18} + \\
 & +1,749 \cdot x_3 \cdot x_{22} + 197,61 \cdot \frac{x_{21}}{x_1} - 0,497 \cdot \frac{1}{x_2 \cdot x_{14}} + 0,074 \cdot \frac{x_{16}}{x_{14}} - 0,088 \cdot \\
 & \cdot x_3 \cdot x_{17} - 0,017 \cdot x_4 \cdot x_{12} + 1,139 \cdot x_3 \cdot x_9 + 0,800 \cdot x_4 \cdot x_5 + 0,042 \cdot \frac{x_{12}}{x_{19}} + \\
 & +0,438
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_1$  – вік пацієнта (місяці);

$x_2$  – вага (кг);

$x_3$  – АС;

$x_4$  – АН;

$x_5$  – наявність вродженої патології АК;

$x_6$  – супутня операція по закриттю VSD;

$x_7$  – проведення попередніх втручань зі ШК;

$x_8$  – проведення попередньої РЕД;

$x_9$  – попереднє втручання при SAS;

$x_{10}$  – КДІ (мл/м<sup>2</sup>);

$x_{11}$  – ФВ (%);

$x_{12}$  – градієнт тиску нео-АК (мм.рт.ст.);

$x_{13}$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;

$x_{14}$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;

$x_{15}$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;

$x_{16}$  – степінь кальцинозу АК;

$x_{17}$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);

$x_{18}$  – товщина МЖП (мм);

$x_{19}$  – ЗП (мм);

$x_{20}$  – накладення жгута на ВТПШ при кардіоплегії;

$x_{21}$  – використання протезу Homograft;

$x_{22}$  – використання протезу PTFE 3-leaflets (Gore-Tex).

2) z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 12-60 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,049 \cdot x_{17} - 0,229 \cdot x_{13} \cdot x_{14} - 0,033 \cdot x_2 \cdot x_9 + 0,004 \cdot x_4 \cdot x_{14} - \\
 & - 0,002 \cdot x_1 \cdot x_5 + 0,001 \cdot x_8 \cdot x_{12} - 0,003 \cdot x_{16} \cdot x_{17} + 1,502 \cdot x_5 \cdot x_6 - \\
 & - 0,009 \cdot x_3 \cdot x_8 - 0,801 \cdot x_3 \cdot x_7 - 0,025 \cdot x_{11} \cdot x_{15} + 0,449 \cdot x_6 \cdot x_{10} + \\
 & + 0,082 \cdot x_{13} \cdot x_{17} + 0,779
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 12-60 місяців;

$x_1$  – вік пацієнта (місяці);

$x_2$  – КАВ;



$x_3$  – супутня операція Ross-Konno;  
 $x_4$  – супутня операція пластики МК;  
 $x_5$  – проведення попередніх втручань зі ШК;  
 $x_6$  – проведення попередньої РЕД;  
 $x_7$  – попереднє втручання при SAS;  
 $x_8$  – КДІ (мл/м<sup>2</sup>);  
 $x_9$  – діаметр базального кільця нео-АК (мм);  
 $x_{10}$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;  
 $x_{11}$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;  
 $x_{12}$  – початкове значення z-score висхідної аорти;  
 $x_{13}$  – стадія фіброзу АК;  
 $x_{14}$  – час перетиснення аорти при операції (сек);  
 $x_{15}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 6-12 місяців;  
 $x_{16}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 6-12 місяців;  
 $x_{17}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців.

3) z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 60-120 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,295 \cdot x_{13} \cdot x_{16} + 0,349 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,089 \cdot x_6 \cdot x_{15} - 1,065 \cdot x_{10} \cdot x_{17} - \\
 & - 0,475 \cdot x_1 \cdot x_{11} + 0,584 \cdot x_1 \cdot x_{16} - 0,002 \cdot x_7 + 0,097 \cdot x_5 \cdot x_{14} - \\
 & - 0,025 \cdot x_4 \cdot x_{13} - 0,002 \cdot x_8 \cdot x_{12} + 0,228 \cdot x_{12} \cdot x_{14} + 0,010 \cdot x_2 \cdot x_4 - \\
 & - 0,337 \cdot x_{14} \cdot x_{16} + 0,221 \cdot x_{12} \cdot x_{17} - 0,003 \cdot x_8 \cdot x_{16} - 0,017 \cdot x_9 \cdot x_{17} + \\
 & + 1,579
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 60-120 місяців;

$x_1$  – стать;

$x_2$  – наявність ятрогенної патології;

- $x_3$  – проведення попередніх втручань зі ШК;
- $x_4$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;
- $x_5$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;
- $x_6$  – початкове значення z-score висхідної аорти;
- $x_7$  – час перетиснення аорти при операції (сек);
- $x_8$  – час перфузії (сек);
- $x_9$  – тривалість операції (хв);
- $x_{10}$  – накладання дворядного шва;
- $x_{11}$  – використання протезу з власних тканин;
- $x_{12}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 6-12 місяців;
- $x_{13}$  – z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців;
- $x_{14}$  – z-score базального кільця нео-АК на терміні 12-60 місяців;
- $x_{15}$  – z-score синусів Вальсави нео-АК на терміні 12-60 місяців;
- $x_{16}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 12-60 місяців;
- $x_{17}$  – z-score висхідної аорти на терміні 12-60 місяців.

Отримані коефіцієнти детермінації розрахованих математичних моделей для навчальної та екзаменаційної вибірок наведені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

### Оцінка якості моделей для z-score синотубулярного з'єднання нео-АК

Вибірка	Коефіцієнти детермінації ( $R^2$ ) для терміну:		
	6-12 місяців	12-60 місяців	60-120 місяців
Навчальна	0,814	0,842	0,845
Екзаменаційна	0,779	0,881	0,863

Наведені коефіцієнти детермінації в наведеній вище табл. 3.9 розрахованих моделей (3.9), (3.10), (3.11) для навчальної та екзаменаційної вибірок мають досить високі значення, що свідчить про високу точність отриманих моделей. (про відмінну якість отриманих моделей).

### 3.3.4. Моделювання значення z-score висхідної аорти

Отримані математичні моделі для знаходження показників z-score висхідної аорти нео-АК у різні терміни віддаленого післяопераційного періоду мають наступний вигляд:

1) z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & 0,769 \cdot x_{14} \cdot x_{20} - 7,058 \cdot \frac{x_{16}}{x_9} + 2,307 \cdot x_6 \cdot x_7 - 0,018 \cdot x_1 \cdot x_4 - \\
 & - 0,483 \cdot \frac{x_8}{x_{13}} + 35,434 \cdot \frac{x_{12}}{x_9} - 0,002 \cdot x_{12} \cdot x_{11} + 2,810 \cdot x_{15} \cdot x_{20} + \\
 & + 0,054 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,063 \cdot x_6 \cdot x_{18} + 0,003 \cdot x_5 \cdot x_1 - 1,649 \cdot x_{19} \cdot x_{21} - \\
 & - 0,203 \cdot \frac{x_3}{x_{13}} - 1,713 \cdot \frac{x_2}{x_{10}} + 0,036 \cdot x_{14} \cdot x_{17} + 3,104
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців;

$x_1$  – вік пацієнта (місяці);

$x_2$  – вага (кг);

$x_3$  – АС;

$x_4$  – АН;

$x_5$  – супутня операція по закриттю VSD;

$x_6$  – проведення попередніх втручань зі ШК;

$x_7$  – проведення попередньої РЕД;

$x_8$  – попереднє втручання при SAS;

$x_9$  – КДІ (мл/м<sup>2</sup>);

$x_{10}$  – ФВ (%);

$x_{11}$  – градієнт тиску нео-АК (мм.рт.ст.);

$x_{12}$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;

- $x_{13}$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;
- $x_{14}$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;
- $x_{15}$  – степінь кальцинозу АК;
- $x_{16}$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);
- $x_{17}$  – товщина МЖП (мм);
- $x_{18}$  – ЗП (мм);
- $x_{19}$  – накладення жгута на ВТПШ при кардіоплегії;
- $x_{20}$  – використання протезу Homograft;
- $x_{21}$  – використання протезу PTFE 3-leaflets (Gore-Tex).

2) z-score висхідної аорти на терміні 12-60 місяців:

$$\begin{aligned}
 y = & -0,037 \cdot x_1 \cdot x_{12} + 0,130 \cdot x_{11} \cdot x_{14} + 0,173 \cdot x_4 \cdot x_8 + 0,372 \cdot x_1 \cdot x_3 + \\
 & + 0,031 \cdot x_7 \cdot x_{11} - 0,032 \cdot x_8 \cdot x_9 + 0,043 \cdot x_6 \cdot x_{14} - 0,031 \cdot x_8 \cdot x_{10} - \\
 & - 0,097 \cdot x_8 \cdot x_{12} - 0,542 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,012 \cdot x_{12} \cdot x_{15} + 0,044 \cdot x_5 \cdot x_9 + \\
 & + 0,044 \cdot x_5 \cdot x_9 - 0,010 \cdot x_{10} \cdot x_{15} - 0,026 \cdot x_{12} - 0,001 \cdot x_{11} \cdot x_{13} - \\
 & - 0,001 \cdot x_{14} \cdot x_{15} + 0,953
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score висхідної аорти на терміні 12-60 місяців;

- $x_1$  – АС;
- $x_2$  – проведення попередніх втручань зі ШК;
- $x_3$  – проведення попередньої РЕД;
- $x_4$  – попереднє втручання при SAS;
- $x_5$  – КДІ (мл/м<sup>2</sup>);
- $x_6$  – градієнт тиску нео-АК (мм.рт.ст.);
- $x_7$  – початкове значення z-score базального кільця нео-АК;
- $x_8$  – початкове значення z-score синусів Вальсави нео-АК;
- $x_9$  – початкове значення z-score синотубулярного з'єднання нео-АК;

$x_{10}$  – початкове значення z-score висхідної аорти;

$x_{11}$  – ДАК;

$x_{12}$  – градієнт тиску на ЛА (мм.рт.ст.);

$x_{13}$  – час перетиснення аорти при операції (сек);

$x_{14}$  – z-score синотубулярного з'єднання нео-АК на терміні 6-12 місяців;

$x_{15}$  – z-score висхідної аорти на терміні 6-12 місяців.

3) z-score висхідної аорти на терміні 60-120 місяців:

$$y = -0,012 \cdot x_5 + 0,039 \cdot x_1 \cdot x_3 - 1,001 \cdot x_1 \cdot x_5 + 0,503 \cdot x_1 + 0,504 \cdot x_1^2 - 0,041 \cdot x_2 \cdot x_4 \quad (3.14)$$

де  $y$  – прогнозоване значення z-score висхідної аорти на терміні 60-120 місяців;

$x_1$  – проведення попередніх втручань зі ШК;

$x_2$  – початкове значення z-score висхідної аорти;

$x_3$  – час перфузії (сек);

$x_4$  – неврологія;

$x_5$  – z-score висхідної аорти на терміні 12-60 місяців.

Отримані коефіцієнти детермінації розрахованих математичних моделей для навчальної та екзаменаційної вибірок наведені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

#### Оцінка якості моделей для z-score висхідної аорти

Вибірка	Коефіцієнти детермінації ( $R^2$ ) для терміну:		
	6-12 місяців	12-60 місяців	60-120 місяців
Навчальна	0,987	0,841	0,842
Екзаменаційна	0,988	0,798	0,889

Наведені коефіцієнти детермінації в наведеній вище табл. 3.10 розрахованих моделей (3.12), (3.13), (3.14) для навчальної та екзаменаційної вибірок мають досить високі значення, що свідчить про високу точність отриманих моделей. (про відмінну якість отриманих моделей).

### **3.4. Математичне моделювання ймовірності настання летального випадку у післяопераційний період**

Для знаходження класифікатора прогнозування ймовірності настання летальних випадків серед дітей в післяопераційний період та оцінки можливості її використання для попередження смертності було проведено аналіз клінічних ознак хворих та отримано структуру класифікатора, який найкращим чином дозволяє розділити дані на два класи: «живі» та «померлі» пацієнти.

Отримана математичну модель МГУА має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} y = & 0,235 + 0,267 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,028 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,008 \cdot x_5 \cdot x_6 + 0,001 \cdot x_7 \cdot x_8 - \\ & - 1,029 \cdot x_4 \cdot x_9 + 0,764 \cdot x_9 \cdot x_{10} - 1,668 \cdot x_{11} \cdot x_{12} + 0,171 \cdot x_{12} \cdot x_{13} - \\ & - 1,685 \cdot x_{11} \cdot x_{14} - 0,15 \cdot x_6 \cdot x_{12} \end{aligned} \quad (3.15)$$

де  $y$  – ризик настання летального випадку у післяопераційний період;

$x_1$  – функціональна класифікація СН за NYHA;

$x_2$  – інотропна підтримка в доопераційний період;

$x_3$  – АС;

$x_4$  – проведення попередніх втручань зі ШК;

$x_5$  – діаметр ААо (мм);

$x_6$  – наявність вродженої патології АК;

$x_7$  – вага пацієнта (кг);

$x_8$  – початкове значення z-score синусів Вальсальви нео-АК;

$x_9$  – виконання зміцнення некоронарної стулки під час операції;

$x_{10}$  – проведення аортальної вальвулопластики в доопераційний період;

$x_{11}$  – степінь НКЛЛА;

$x_{12}$  – проведення реторакотомії в ранній післяопераційний період;

$x_{13}$  – вікова група пацієнта;

$x_{14}$  – проведення супутньої операції Ross-Konno.

Результати роботи класифікатора на навчальній вибірці, куди увійшло 294 (70%) пацієнта з усіх 408 опрацьованих, відображені в матриці неточностей (табл. 3.11):

Таблиця 3.11

**Матриця неточностей для навчальної вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		Живі	Померлі	Всього	Чутливість
	Живі	247	15	262	0,943
	Померлі	4	28	32	0,875
	Всього	251	43	294	
	Точність	0,935	0,935	0,935	

З усіх відібраних 294 пацієнтів для навчальної вибірки, 275 (93,5%) пацієнтів було класифіковано правильно, решта, 19 (6,5%), було хибно класифікованих. 247 (94,3%), з 262 пацієнтів було віднесено до класу «живі», решту 15 (5,7%) – до класу «померлі», хоча насправді вони відносяться до класу «живі». З усіх померлих 32 пацієнтів, 28 (87,5%) пацієнтів було віднесено до класу «померлі», решту 4 (12,5%) пацієнта називаються «помилково негативними», оскільки вони були віднесені до класу «живі», хоча насправді є померлими.

Чутливість математичної моделі, що свідчить про правильність віднесення даних до певного класу, для класу «живі» становить 0,943, а для пацієнтів з класу «померлі» – 0,875. Точність правильно

класифікованих спостережень до всіх спостережень відібраних алгоритмом значень склала 0,935.

Для оцінки прогностичної цінності отриманого класифікатора МГУА на навчальній вибірці було побудовано ROC-криву та отримано значення площі під неї, що дорівнює 0,987 (рис. 3.7). Отримане значення площі під ROC-кривою вказує на відмінну якість побудованої математичної моделі.

Використання отриманої математичної моделі (3.15) для екзаменаційної вибірки, куди ввійшло 20% (74 пацієнта) з усіх спостережень, показало наступні результати (табл. 3.12):

Таблиця 3.12

**Матриця неточностей для екзаменаційної вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		Живі	Померлі	Всього	Чутливість
	Живі	62	2	64	0,969
	Померлі	1	9	10	0,900
	Всього	63	11	74	
	Точність	0,959	0,959	0,959	

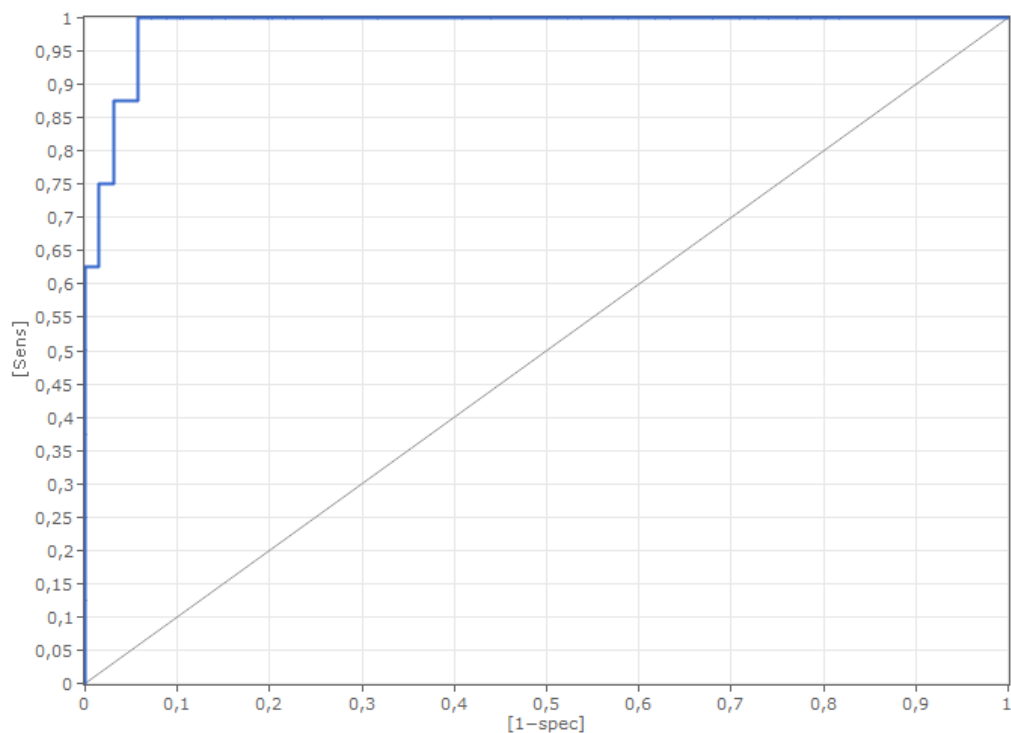


Рисунок 3.7. ROC-крива для навчальної вибірки.



Отримані результати говорять про те, що з усіх 74 пацієнтів відібраних для екзаменаційної вибірки, правильно класифіковано було 71 (95,9%) пацієнт та хибно класифіковано – 3 (4,1%). З усіх 64 живих пацієнтів, 96,9% (62 людини) було віднесено до класу «живі», а 3,1% є «помилково позитивними». З усіх 10 помелих пацієнтів, 90% (9 людей) було віднесено до класу «померлі», решта 10% є «помилково негативними».

Чутливість математичної моделі для пацієнтів з класу «живі» склала 0,969. Для пацієнтів з класу «померлі» – 0,9. Точність математичної моделі для екзаменаційної вибірки становить 0,959. Значення площі під ROC-кривою дорівнює 0,997 та говорить про відмінну якість побудованої моделі (рис. 3.8).

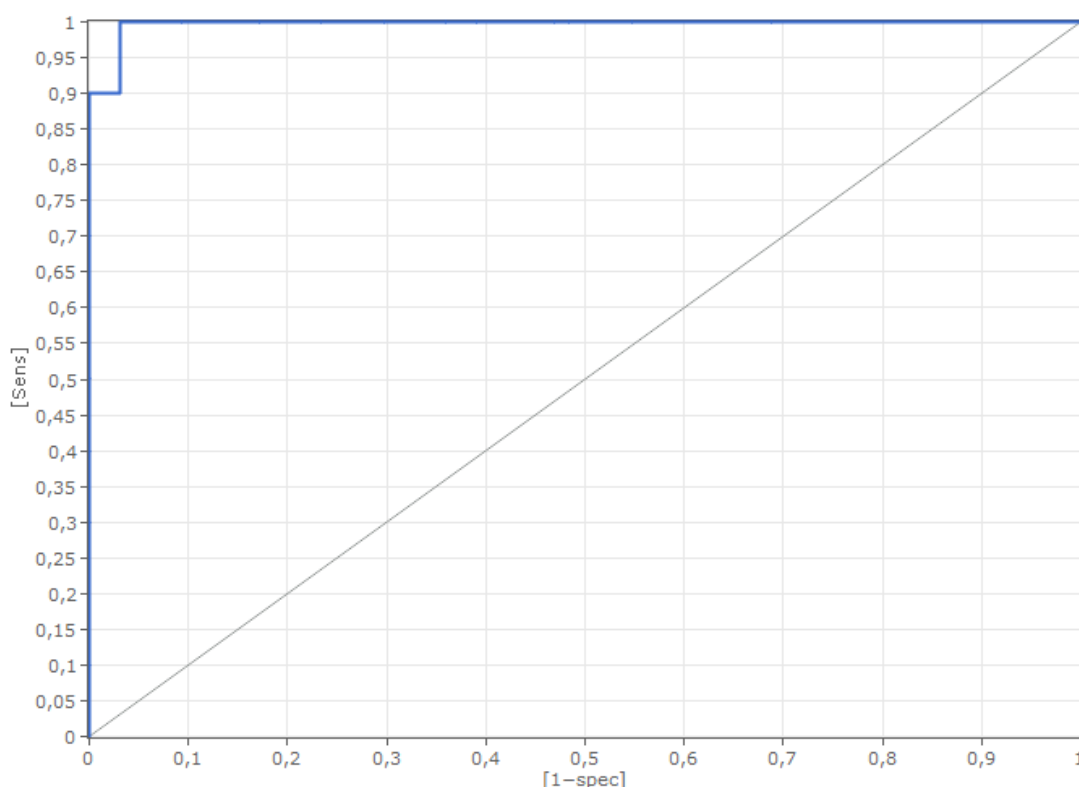


Рисунок 3.8. ROC-крива для екзаменаційної вибірки.

Математична модель (3.15), застосована до тестової вибірки, куди увійшло 10% з усіх спостережень (40 людей), шляхом класифікації

наявних даних показала гарні результати, що відображені в матриці неточностей приведеній нижче (табл. 3.13):

Таблиця 3.13

**Матриця неточностей для тестової вибірки**

		Класифіковано як			
Фактичні значення		Живі	Померлі	Всього	Чутливість
	Живі	17	2	19	0,895
	Померлі	4	17	21	0,810
	Всього	21	19	40	
	Точність	0,850	0,850	0,850	

Кількість правильно класифікованих хворих склала 34 (85%) та хибно класифікованих 6 (15%) з усіх 40 чоловік. 17 (89,5%) пацієнтів було віднесено до класу «живі», а 2 (10,5%) до класу «померлі», хоча насправді вони є живими. 17 (81%) пацієнтів було визнано померлими, а решта 4 (19%) – живими, хоча насправді вони були померлими.

Чутливість класифікатора для класу «живі» становить 0,895, а для класу «померлі» – 0,81. Точність правильно відібраних спостережень до всіх відібраних алгоритмом спостережень становить 0,85.

Значення площі під ROC-кривою склало 0,96 (рис. 3.9).

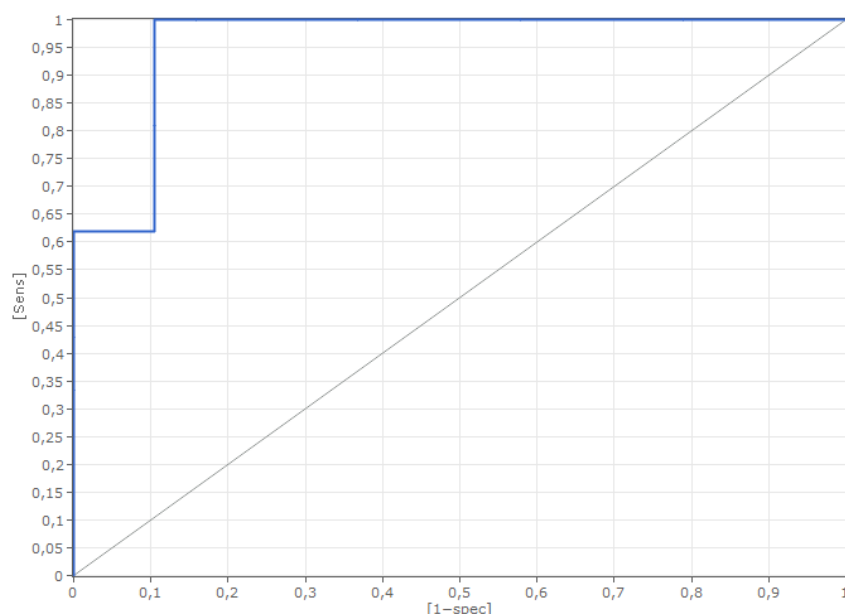


Рисунок 3.9. ROC-крива тестової вибірки.

### Висновки до розділу 3

Побудовано 15 математичних моделей аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці.

Точність моделі ймовірності настання реоперації АК при моделюванні на навчальній вибірці дорівнювала 0,956, на екзаменаційній та тестовій вибірках 0,946 та 0,9 відповідно. Отримане значення площі під кривою для навчальної вибірки становило 0,997, для екзаменаційної – 0,995 та для тестової – 0,965.

Точність моделі ймовірності настання реоперації ВТПШ при моделюванні на навчальній вибірці дорівнювала 0,867, на екзаменаційній та тестовій вибірках 0,838 та 0,875 відповідно. Отримане значення площі під кривою для навчальної вибірки становило 0,959, для екзаменаційної – 0,947 та для тестової – 0,957.

Коефіцієнт детермінації, у відповідності до якого проводилася оцінка якості побудованих моделей на термінах спостереження 6-12, 12-60 та 60-120 місяців після проведеного хірургічного лікування, для z-score показників базального кільця нео-АК при моделюванні на навчальній вибірці коливався від 0,823 до 0,888, на екзаменаційній – від 0,789 до 0,853. Для z-score показників синусів Вальсави нео-АК при моделюванні на навчальній вибірці коливався від 0,796 до 0,863, на екзаменаційній – від 0,772 до 0,845. Для z-score показників синотубулярного з'єднання нео-АК при моделюванні на навчальній вибірці коливався від 0,814 до 0,845, на екзаменаційній – від 0,779 до 0,881. Для z-score показників висхідної аорти при моделюванні на навчальній вибірці коливався від 0,841 до 0,987, на екзаменаційній – від 0,798 до 0,988.

Точність моделі ймовірності настання летального випадку у післяопераційний період при моделюванні на навчальній вибірці дорівнювала 0,935, на екзаменаційній та тестовій вибірках 0,959 та 0,85

відповідно. Отримане значення площі під кривою для навчальної вибірки становило 0,987, для екзаменаційної – 0,997 та для тестової – 0,96.

Отримані досить високі показники точності, значення площі під ROC-кривою при вирішенні задачі класифікації та коефіцієнти детермінації при прогнозуванні на кожній із вибірок свідчать про відмінну якість побудованих математичних моделей та ефективність їх використання як складових функціонального модулю прогнозування інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.

## РОЗДІЛ 4

### ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРЕМ-ЕКСПЕРТОМ

#### 4.1. Проектування інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом

Під час проектування інформаційної системи для підтримки прийняття рішень (ІСППР) лікарем-експертом використовувався методологія структурного аналізу і проектування (SADT – structured analysis and design technique) [45], що реалізований в одному зі стандартів цього сімейства – IDEF0 – методології функціонального моделювання [46].

Стандарт IDEF0 для ІСППР зображений на рис. 4.1. Вхідною інформацією для даної системи є база даних з історіями хвороби пацієнтів. До керуючої інформації, що входить в блок зверху, віднесено правила використання ІСППР, а до механізмів керування, що входять в блок знизу, – користувачі системи, IDE Microsoft Visual Studio 2017 та побудовані математичні моделі. Вихідною інформацією є результати аналізу післяопераційного періоду пацієнтів.



Рисунок 4.1. Контекстна діаграма інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.

Функціональні модулі ІСППР були візуалізовані у вигляді блоків і зв'язків між ними (рис.4.2) та дають можливість виконання наступних дій:

- здійснення входу до власного кабінету користувача при попередній реєстрації в ІСППР;
- перегляду існуючої бази даних пацієнтів та створення нових записів історій хвороби;
- моделювання перебігу післяопераційного періоду та значення післяопераційних показників без попереднього внесення пацієнта в базу;
- пошуку історії хвороби пацієнта за її номером та перегляд усіх наявних клінічних;
- моделювання післяопераційного періоду та значення післяопераційних показників для конкретного пацієнта;
- додавання інструментальних показників віддалених спостережень;
- візуалізація зміни інструментальних показників після виконання повторних планових обстежень.

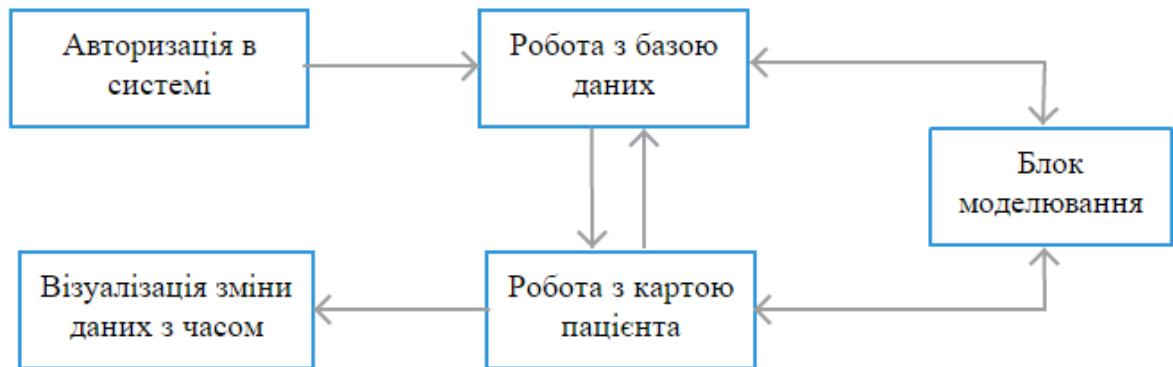


Рисунок 4.2. Функціональні модулі ІСППР.

Діаграма варіантів використання ІСППР зображена на рис. 4.3, де відображені сценарії використання та користувач системи.

Користувачем ІСППР визначено лікаря-експерта, якому надається виконати вхід до власного кабінету. Якщо користувач працює з ІСППР

уперше, йому необхідно виконати спочатку реєстрацію в системі, ввівши особисті дані.

Після виконання входу до системи користувачу надається можливість переглянути усі історії хвороб пацієнтів, створити нову історію хвороби, ввівши клінічні показники пацієнта, та занести її до вже існуючої бази даних, також використати модуль прогнозування для пацієнтів не занесених до бази даних з можливістю отримання та збереження результатів.

Ще одним сценарієм, який користувач може виконати після входу до власного кабінету – це виконати пошук конкретної історії хвороби за її номером та переглянути її. Перегляд історії дає доступ до всіх клінічних показників пацієнта та можливості використання модулю прогнозування післяопераційного періоду саме для вказаного пацієнта. Також під час перегляду карти пацієнта можливо внести додаткові показники віддалених періодів спостереження та переглянути графіки зміни інструментальних показників після виконання повторних планових обстежень.

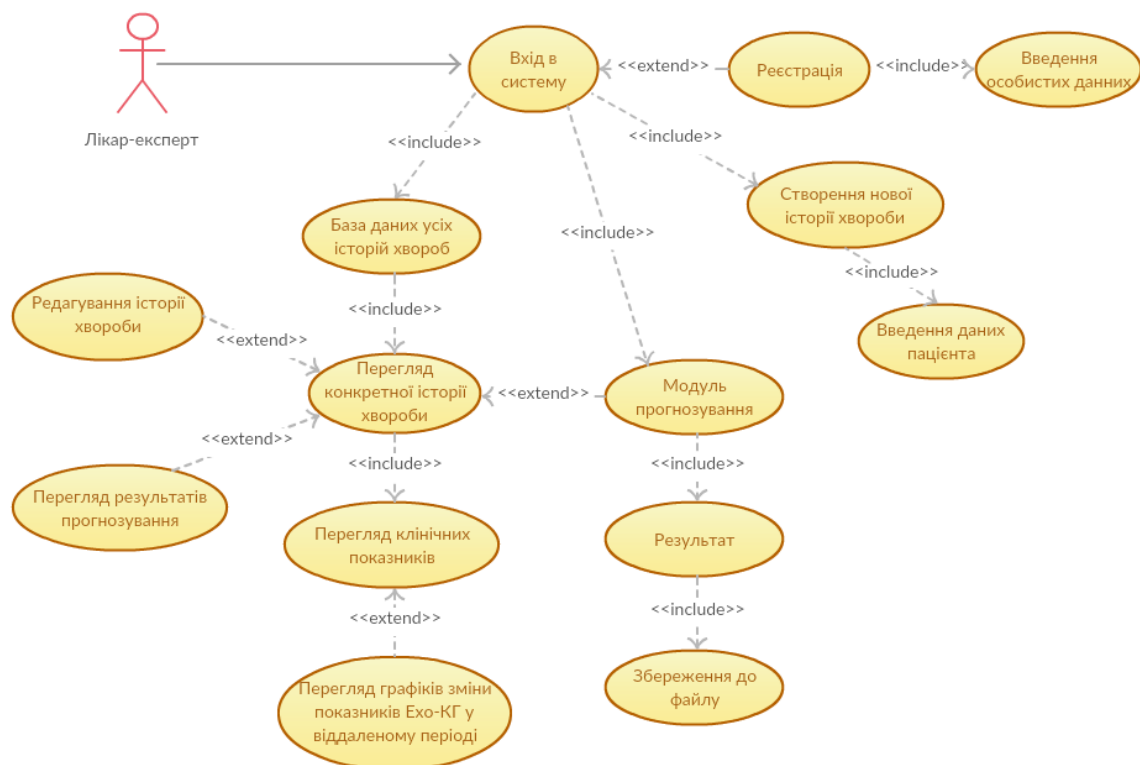


Рисунок 4.3. Діаграма варіантів використання ІСППР.

## **4.2. Конструювання інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом**

Розробка інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду у дітей після операцій на аортальному клапані з використанням побудованих математичних моделей, виконувалася за допомогою IDE Microsoft Visual Studio 2017 з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування C#, презентаційної підсистеми WPF та СУБД SQLite.

Основні функціональні модулі, що були створені з використанням програмних файлів і класів зв'язано коду відповідно є:

1) `MainWindow.xaml` – початкова форма входу до інформаційної системи. `MainWindow.xaml.cs` – програмний файл, який виконується першим після запуску програми. Він встановлює підключення з наявною базою даних пацієнтів, дозволяє виконати вхід користувача (лікаря-експерта) до системи для подальшої роботи з історіями хвороб пацієнтів.

2) `Registration_form.xaml` – форма реєстрації нового користувача інформаційної системи. `Registration_form.xaml.cs` – даний файл дозволяє створити новий обліковий запис користувача системи для подальшого її використання.

3) `Personal_cabinet.xaml` – інтерфейс власного кабінету користувача, який містить три основних модулі: перший – перегляд бази даних історій хвороб пацієнтів та пошук потрібного пацієнта в базі даних; другий – створення нової історії хвороби пацієнта; третій – модуль прогнозування перебігу післяопераційного періоду та післяопераційних показників. Програмний файл `Personal_cabinet.xaml.cs` дозволяє реалізувати підключення до бази даних пацієнтів, виконати відображення наявних паспортних даних усіх пацієнтів та пошук



конкретного пацієнта за номером історії хвороби. Реалізує можливість додавання нової історії хвороби до бази даних та використання модулю прогнозування.

4) Patient\_window.xaml – форма відображення історії хвороби обраного пацієнта. Patient\_window.xaml.cs дозволяє виконати відображення паспортних даних хворого та встановити підключення з модулями прогнозування та відображення усіх клінічних показників пацієнта.

5) dataPatient1.xaml – форма відображення загальних клінічних показників пацієнта. dataPatient1.xaml.cs – програмний файл, що встановлює зв'язок з базою даних історій хвороб пацієнтів і виводить загальні клінічні показники пацієнта.

6) dataPatient2.xaml – форма відображення доопераційних показників Ехо-КГ пацієнта. dataPatient2.xaml.cs – програмний файл, що встановлює зв'язок з базою даних історій хвороб пацієнтів і виводить доопераційні показники Ехо-КГ пацієнта.

7) dataPatient3.xaml – форма відображення проведених доопераційних заходів. dataPatient3.xaml.cs дає можливість виконати відображення проведених доопераційних заходів для конкретного пацієнта.

8) dataPatient4.xaml – форма відображення даних проведеного хірургічного лікування та виконаного протезування. dataPatient4.xaml.cs виконує запит пошуку даних проведеного хірургічного лікування та виконаного протезування для певного пацієнта у базі даних та відображає їх на екран.

9) dataPatient5.xaml – форма відображення даних післяопераційного періоду. dataPatient5.xaml.cs виконує підключення до бази даних історій хвороб пацієнтів та здійснює пошук даних про обраного пацієнта, далі виводить їх на екран. Також за допомогою програмного файлу виконується підключення до модулю візуалізації

зміни даних Ехо-КГ показників у віддаленому післяопераційному періоді.

10) `chart_data.xaml` – форма візуалізації зміни показників Ехо-КГ у віддаленому післяопераційному періоді. `chart_data.xaml.cs` – програмний файл, що виконує пошук необхідних значень клінічних показників на різних термінах спостереження та виконує їх візуалізацію у вигляді графіків, що відображають зміну цих показників з часом.

11) `Predicting.xaml` – форма модулю прогнозування для обраного пацієнта. `Predicting.xaml.cs` – програмний файл, який за допомогою запрограмованих математичних моделей дозволяє виконати прогнозування перебігу післяопераційного періоду та значень післяопераційних показників.

12) `add_data.xaml` – форма додавання інструментальних показників у віддаленому післяопераційному періоді. `add_data.xaml.cs` – програмний файл, що дає можливість внести додаткові дані до історії хвороби вже існуючого пацієнта.

13) `about.xaml` – форма для відображення опису ІСППР. `about.xaml.cs` – програмний файл, що виконує відображення інформації про ІСППР з `.txt` файлу.

Розроблені інтерфейси інформаційної системи для підтримки прийняття рішень містять в собі прості та зрозумілі функціональні елементи для користувача. WPF дозволило створити привабливий інтерфейс кожного вікна системи, що покращує її візуальне сприйняття. Обрані кольори інтерфейсу допомагають створювати атмосферу спокою й умиротворення, що сприятливо впливає на користувача, а також запобігають швидкій стомлюваності очей під час роботи.

Формою початку використання інформаційної системи є форма авторизації користувача та подальшого входу в системи (рис. 4.4).

Під час натискання на кнопку переходу до реєстрації нового користувача при першому використанні системи відкривається форма реєстрації (рис. 4.5).

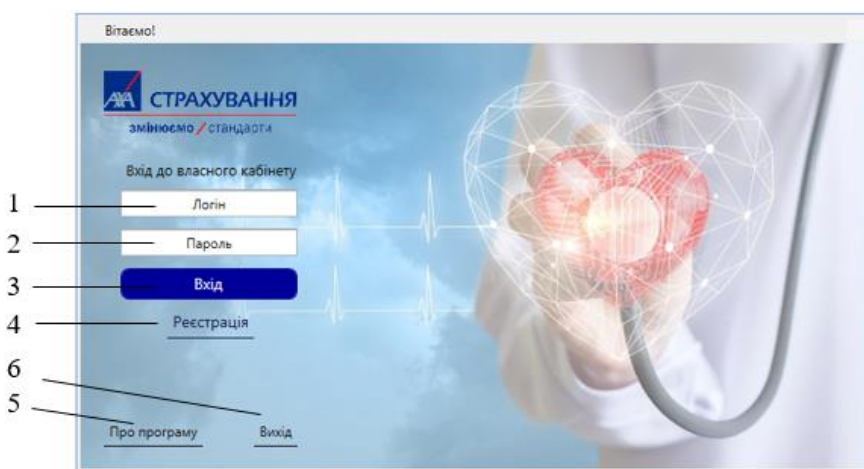


Рисунок 4.4. Форма авторизації та входу в систему: 1 – поле введення логіну; 2 – поле введення паролю; 3 – кнопка входу до власного кабінету; 4 – перехід до реєстрації користувача при першому використанні системи; 5 – перехід до опису інформаційної системи; 6 – закінчення використання інформаційної системи.

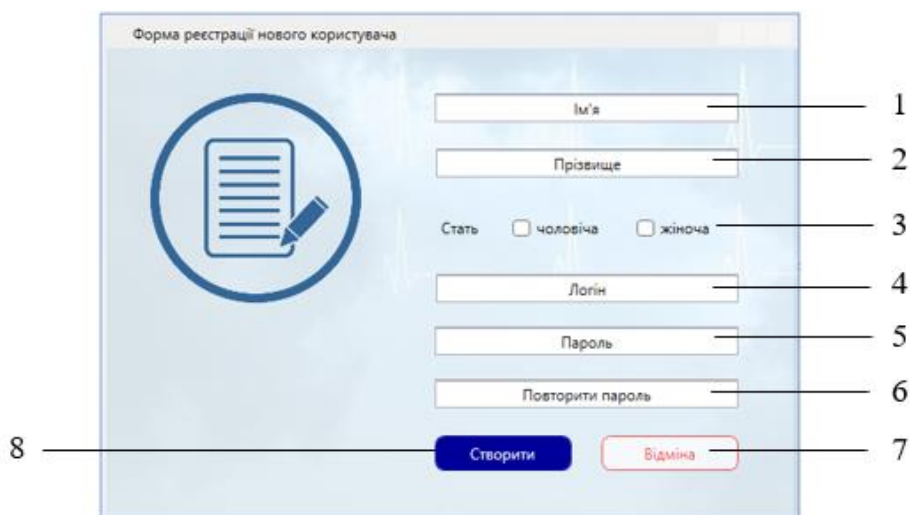


Рисунок 4.5. Форма реєстрації нового користувача: 1 – поле введення ім'я користувача; 2 – поле введення прізвища; 3 – елементи вибору статі; 4 – поле введення логіну; 5 – поле введення паролю; 6 – поле введення повторного паролю; 7 – кнопка відміни реєстрації; 8 – кнопка підтвердження реєстрації.

При натисканні на перехід до опису даної інформаційної системи (рис. 4.4) відображається форма (рис. 4.6), що містить інформацію про розроблену систему в цілому.

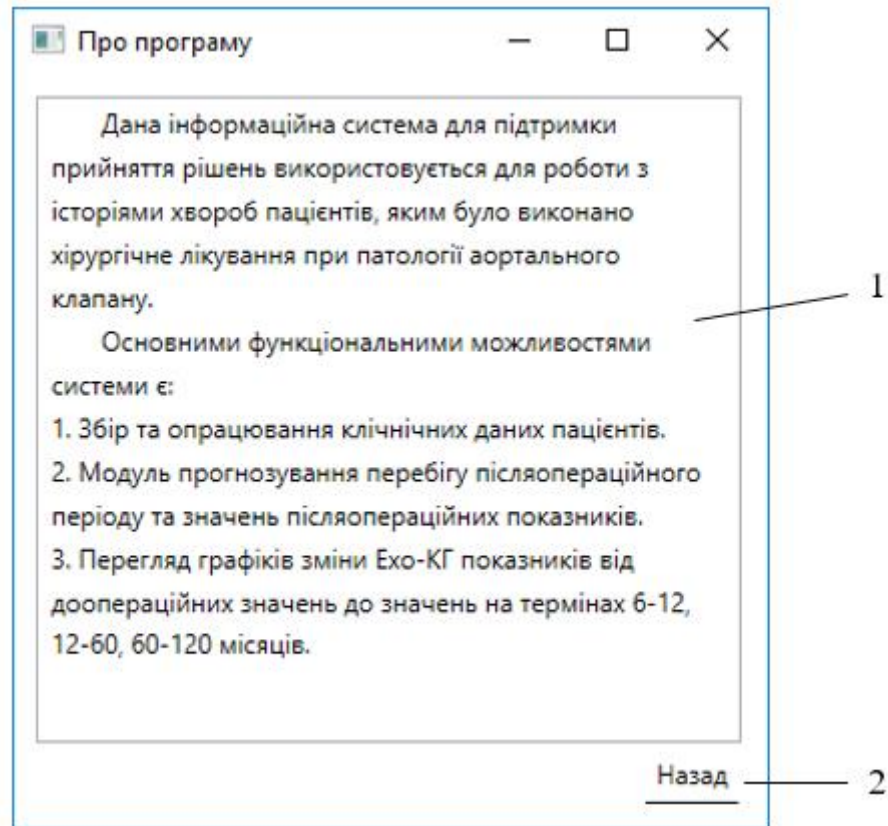


Рисунок 4.6. Форма відображення інформації про ІСППР: 1 – поле відображення інформації про інформаційну систему для підтримки прийняття рішень лікаре-експертом, що завантажується із txt файлу; 2 – перехід до форми авторизації та входу в систему.

Після вводу логіну і пароллю на формі входу, та натискання кнопки входу до власного кабінету (рис. 4.4) відкривається вікно власного кабінету (рис. 4.7) з завантаженою вкладкою «Всі історії хвороб».

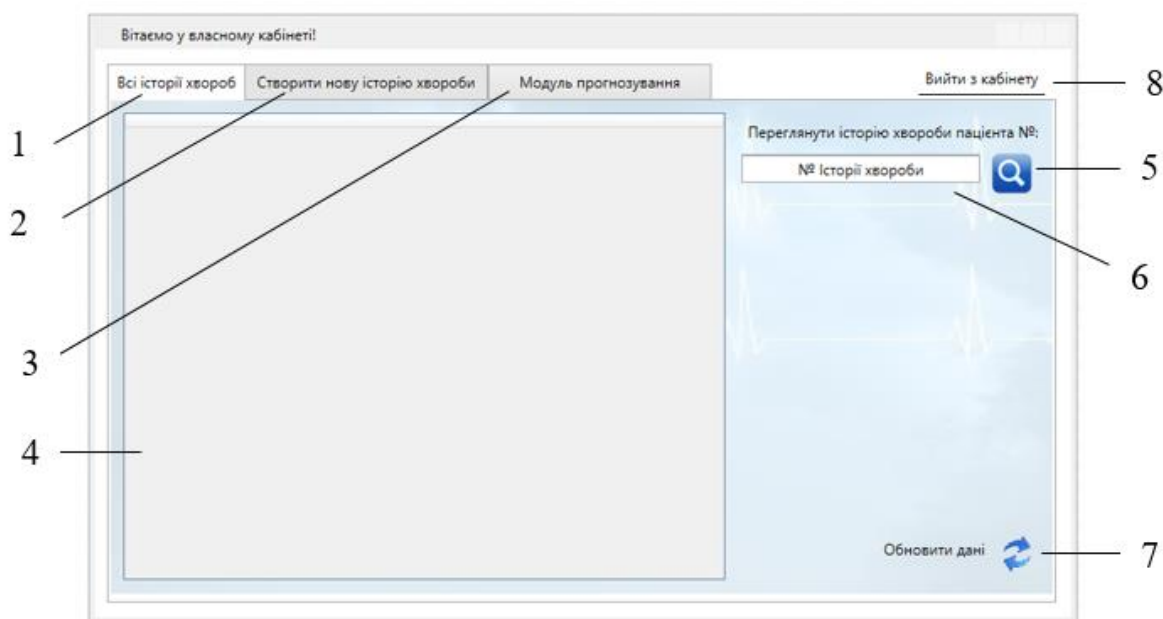


Рисунок 4.7. Форма власного кабінету з відкритою вкладкою «Всі історії хвороби»: 1 – вкладка «Всі історії хвороби»; 2 – вкладка «Створити нову історії хвороби»; 3 – вкладка «Модуль прогнозування»; 4 – місце відображення даних історій хвороб пацієнтів у вигляді таблиці; 5 – кнопка відкриття історії хвороби пацієнта для детального перегляду; 6 – поле вводу номеру історії хвороби пацієнта для пошуку; 7 – елемент, що виконує функцію оновлення відображеної бази даних; 8 – кнопка виходу з власного кабінету.

Після активації вкладки «Створити нову історію хвороби» відображається форма, де пропонується ввести паспортні дані про нового пацієнта та наявні клінічні показники (рис. 4.8).

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб | Створити нову історію хвороби | Модуль прогнозування | Вийти з кабінету

№ Історії хвороби:

Загальні клінічні показники

Площа поверхні тіла (BSA):  м2

Стать: ☐ чоловіча ☐ жіноча

Вік (місяці):

Вага (кг):

Дата проведення ЕХО-КГ:

Дата проведення операції:

Хронічна серцева недостатність (ХСН): ☐ стадія 1 ☐ стадія 2Б ☐ стадія 2А ☐ стадія 3

ХСН NYHA: ☐ функціональний клас 1 ☐ функціональний клас 3 ☐ функціональний клас 2 ☐ функціональний клас 4

Патологія аортального клапану: ☐ аортальний стеноз ☐ комбінована ☐ аортальна недостатність

Вада серця: ☐ вроджена ☐ ревматична ☐ інфекційний ендокардит ☐ ятрогенна

1 – поле введення номера історії; 2 – елементи вибору статі; 3 – елементи введення віку; 4 – елементи введення ваги; 5 – вікно встановлення дати проведення Ехо-КГ; 6 – вікно встановлення дати проведення операції; 7 – елементи для заповнення загальних клінічних показників пацієнта; 8 – кнопка збереження введених показників (для збереження загальних клінічних показників); 9 – кнопка переходу до введення наступних клінічних показників, що активується після збереження попередніх введених даних.

Рисунок 4.8. Вкладка «Створити нову історію хвороби»: 1 – поле введення номера історії; 2 – елементи вибору статі; 3 – елементи введення віку; 4 – елементи введення ваги; 5 – вікно встановлення дати проведення Ехо-КГ; 6 – вікно встановлення дати проведення операції; 7 – елементи для заповнення загальних клінічних показників пацієнта; 8 – кнопка збереження введених показників (для збереження загальних клінічних показників); 9 – кнопка переходу до введення наступних клінічних показників, що активується після збереження попередніх введених даних.

Приклади інтерфейсів для вводу наступних клінічних показників зображені на рис. 4.9 – 4.11.

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб Створити нову історію хвороби Модуль прогнозування Вийти з кабінету

№ Історії хвороби:

Показники інструментальної діагностики (1 з 3)

Стать: ☐ чоловіча ☐ жіноча

Вік (місяці):

Вага (кг):

Дата проведення ЕХО-КГ:

Дата проведення операції:

Деостулковий аортальний клапан: ☐ так ☐ ні

Фіброз стулок аортального клапана: ☐ помірний ☐ виражений ☐ різкий

Степінь кальцинозу стулок аортального клапана:

Кількість стулок аортального клапана на ЕХО-КГ:

КДО:  мл КДі:  мл/м2 ФВ (%):

Градiєнт тиску на неоаортальний клапан:  мм.рт.ст.

Градiєнт тиску на легеневу артерію:  мм.рт.ст.

1

2

3

4

Рисунок 4.9. Приклад вкладки «Створити нову історію хвороби» з наступним введенням клінічних показників: 1 – елементи для заповнення показників інструментальної діагностики (1 з 3); 2 – кнопка збереження показників інструментальної діагностики для (1 з 3); 3 – кнопка переходу до введення наступних клінічних показників; 4 – кнопка переходу до попередніх введенних показників.

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб Створити нову історію хвороби Модуль прогнозування Вийти з кабінету

№ Історії хвороби:

Проведені доопераційні заходи

Стать: ☐ чоловіча ☐ жіноча

Вік (місяці):

Вага (кг):

Дата проведення ЕХО-КГ:

Дата проведення операції:

операция при SAS

операция при SVAS

операция закрытия VSD

дооперационная вентиляция легень

предоперационное вмешательство с искусственным кровообращением

предоперационная рентгеноваскулярная дилатация

предоперационное закрытие операции

операция на AV+VSD

операция на AV+VSD+IAA

аортальная вальвулопластика

дооперационная инотропная поддержка

1

2

Рисунок 4.10. Приклад вкладки «Створити нову історію хвороби» з наступним введенням клінічних показників: 1 – елементи для заповнення проведених доопераційних заходів; 2 – кнопка збереження проведених доопераційних заходів.



Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб Створити нову історію хвороби Модуль прогнозування Вийти з кабінету

№ Історії хвороби:

Стать: ☐ чоловіча ☐ жіноча

Вік (місяці):

Вага (кг):

Дата проведення ЕХО-КГ:

Дата проведення операції:

Віддалений післяопераційний період

Проведені реоперації:

☐ висхідного тракту правого жлуночка

☐ аортального клапану

Інструментальні показники в період з 6 по 12 місяців:

КДІ:  мл/м2 ФВ (%):

Гradient тиску на неоаортальний клапан:  мм.рт.ст.

Gradient тиску на легеневу артерію:  мм.рт.ст.

1

2

3

4

Рисунок 4.11. Приклад вкладки «Створити нову історію хвороби» з наступним введенням клінічних показників: 1 – елементи для заповнення відомостей про віддалений післяопераційний період; 2 – елементи для заповнення інструментальних показників в період спостереження з 6 по 12 місяців; 3 – перехід до заповнення решти інструментальних показників в період спостереження з 6 по 12 місяців; 4 – кнопка збереження відомостей про віддалений післяопераційний період.

При відкритті вкладки «Модуль прогнозування» відображається форма з випадаючим списком, що дає можливість обрати, який саме показник та за який термін потрібно спрогнозувати (рис. 4.12 – 4.13).

При використанні пошуку історії хвороби пацієнта за її номером на вкладці «Всі історії хвороб» (рис. 4.7), після натискання на кнопку відкриття історії хвороби пацієнта для детального перегляду, відкривається форма для відображення обраної історії хвороби пацієнта (рис. 4.14).



Рисунок 4.12. Вкладка «Модуль прогнозування»: 1 – список вибору показника прогнозування (в даному випадку обрано реоперацію аортального клапану); 2 – елементи введення необхідних клінічних показників; 3 – перехід до решти показників, які потрібно ввести для прогнозування; 4 – кнопка проведення розрахунку (прогнозування).

Рисунок 4.13. Вкладка «Модуль прогнозування» (для реоперації аортального клапану): 1 – елементи введення необхідних клінічних показників; 2 – повернення до попередніх введених даних для прогнозування.

The screenshot shows a web form for patient history. At the top left is a logo with the letters 'AXA' and a red diagonal line. To its right is the text 'Номер історії хвороби:'. Below the logo are several input fields: 'Стать:', 'Вік (місяці):', 'Вага (кг):', 'Дата проведення доопераційної ЕХО-КГ:', 'Дата проведення операції:', and 'Статус:'. Below these fields are five buttons: 'Загальні клінічні показники', 'Доопераційні показники Ехо-КГ', 'Проведені доопераційні заходи', 'Дані операції, супутні операції та протезування', and 'Дані післяопераційного періоду'. Below these buttons is a dark blue button labeled 'Модуль прогнозування'. At the bottom left is a link labeled 'Назад', and at the bottom right is a link labeled 'Додати нові показники за післяопераційний період'.

1 — №

1 — Номер історії хвороби:

2 —

3 — Загальні клінічні показники

4 — Доопераційні показники Ехо-КГ

5 — Проведені доопераційні заходи

6 — Дані операції, супутні операції та протезування

7 — Дані післяопераційного періоду

8 — Модуль прогнозування

9 — Додати нові показники за післяопераційний період

10 — Назад

Рисунок 4.14. Форма відображення обраної історії хвороби пацієнта: 1 – місця для виведення номеру історії хвороби; 2 – місце для відображення паспортних даних пацієнта; 3 – 7 – кнопки, що відображають клінічні показники пацієнта за обраним критерієм; 8 – кнопка, що переходить до модулю прогнозування; 9 – перехід до форми додавання інструментальних даних віддаленого післяопераційного періоду; 10 – повернення до форми власного кабінету.

При натисканні на одну із кнопок перегляду клінічних показників відображається вікно з відповідними показниками. На рис. 4.15 зображено форму для відображення даних післяопераційного періоду. На рис. 4.17 відображено форму модулю прогнозування перебігу післяопераційного періоду та післяопераційних показників для обраного пацієнта після натискання на кнопку «Модуль прогнозування».

Рисунок 4.15. Форма відображення даних післяопераційного періоду: 1 – поле для відображення даних раннього післяопераційного періоду; 2 – поле для відображення проведених реоперацій; 3 – вкладки з Ехо-КГ показниками на різних термінах спостереження; 4 – поле для відображення Ехо-КГ показників для відповідної вкладки з терміном спостереження; 5 – кнопка переходу до форми відображення графіків зміни Ехо-КГ показників після виконання повторних планових обстежень; 6 – перехід до основної форми відображення обраної історії хвороби пацієнта.

Після натискання на кнопку «Графіки зміни Ехо-КГ показників», форми відображення даних післяопераційного періоду (рис. 4.15), виконується перехід до форми відображення графіків зміни Ехо-КГ показників після виконання повторних планових обстежень (рис. 4.16).

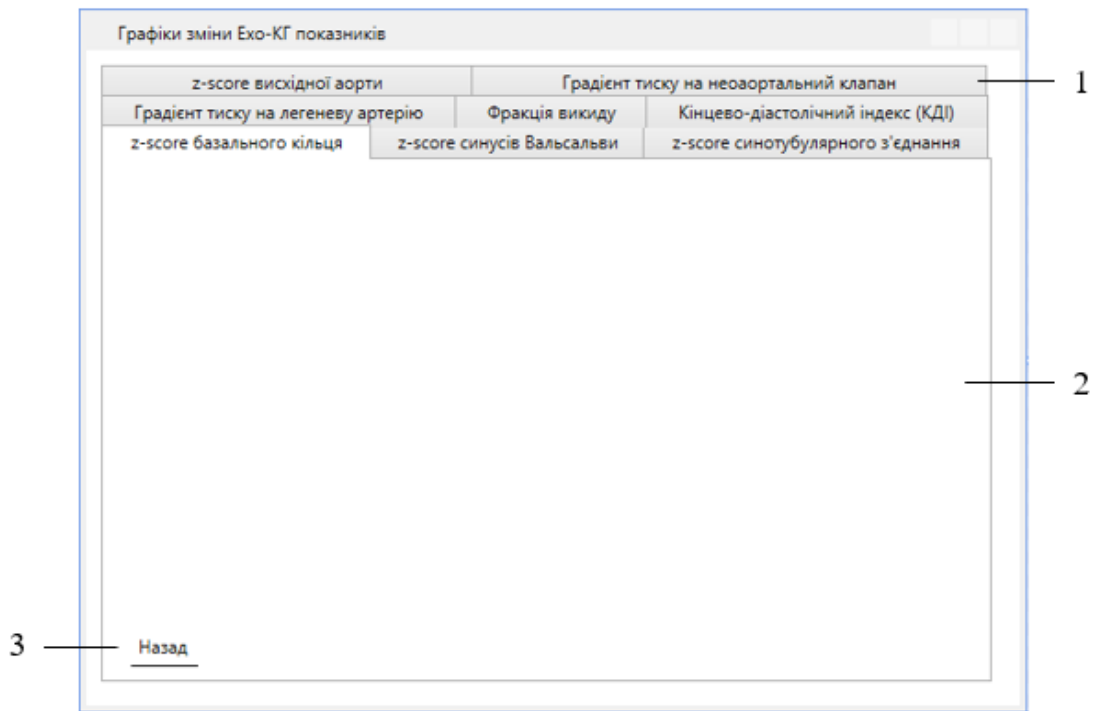


Рисунок 4.16. Форма відображення графіків зміни Ехо-КГ показників після виконання повторних планових обстежень: 1 – вкладки відображення різних Ехо-КГ показників; 2 – поле для побудови графіків зміни показників; 3 – перехід до форми відображення даних післяопераційного періоду.

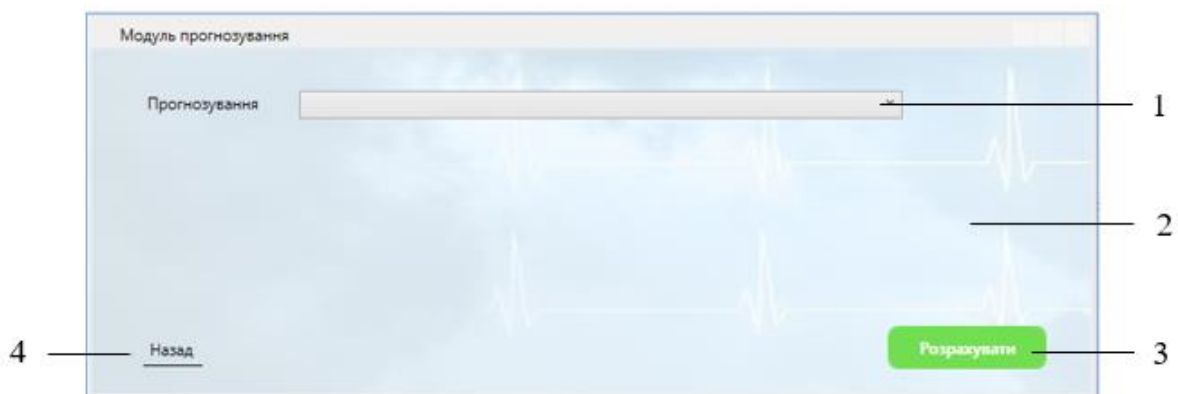


Рисунок 4.17. Форма модулю прогнозування перебігу післяопераційного періоду та післяопераційних показників для обраного пацієнта: 1 – список вибору показника прогнозування; 2 – поле відображення результату прогнозування; 3 – кнопка проведення розрахунку (прогнозування); 4 – перехід до основної форми відображення обраної історії хвороби пацієнта.

Форма додавання нових показників за післяопераційний період зображена на рис. 4.18.

Показники за післяопераційний період

\*Заповніть потрібні поля

Проведені реоперації:

1 ☐ висхідного тракту правого жлуночка

☐ аортального клапану

Інструментальні показники в період з 6 по 12 місяців:

КДІ:  мл/м2 ФВ (%):

2  мм.рт.ст. 3

Градiєнт тиску на неоортальний клапан:

Градiєнт тиску на легеневу артерію:  мм.рт.ст.

Інструментальні показники в період з 12 по 60 місяців:

КДІ:  мл/м2 ФВ (%):

4  мм.рт.ст. 5

Градiєнт тиску на неоортальний клапан:

Градiєнт тиску на легеневу артерію:  мм.рт.ст.

Інструментальні показники в період з 60 по 120 місяців:

КДІ:  мл/м2 ФВ (%):

6  мм.рт.ст. 7

Градiєнт тиску на неоортальний клапан:

Градiєнт тиску на легеневу артерію:  мм.рт.ст.

8 Назад 9 **Зберегти**

Рисунок 4.18. Форма додавання нових показників за післяопераційний період: 1 – елементи для внесення даних про проведені реоперації; 2 – елементи для внесення даних інструментальних показників в період з 6 до 12 місяців; 3 – перехід до внесення решти показників в період з 6 до 12 місяців; 4 – елементи для внесення даних інструментальних показників в період з 12 до 60 місяців; 5 – перехід до внесення решти показників в період з 12 до 60 місяців; 6 – елементи для внесення даних інструментальних показників в період з 60 до 120 місяців; 7 – перехід до внесення решти показників в період з 60 до 120 місяців; 8 – перехід до основної форми відображення обраної історії хвороби пацієнта; 9 – збереження внесених даних.

### 4.3. Робота інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом

Робота з інформаційною системою для підтримки прийняття рішень починається після запуску файлу з розширенням .exe. На екрані з'являється вікно авторизації користувача (рис. 4.19). Якщо користувач уперше використовує дану систему, то одразу переходить до «Реєстрації», де вводить особисті дані для створення облікового запису (рис. 4.20). Після чого натискає кнопку «Створити» і автоматично повертається до форми авторизації.

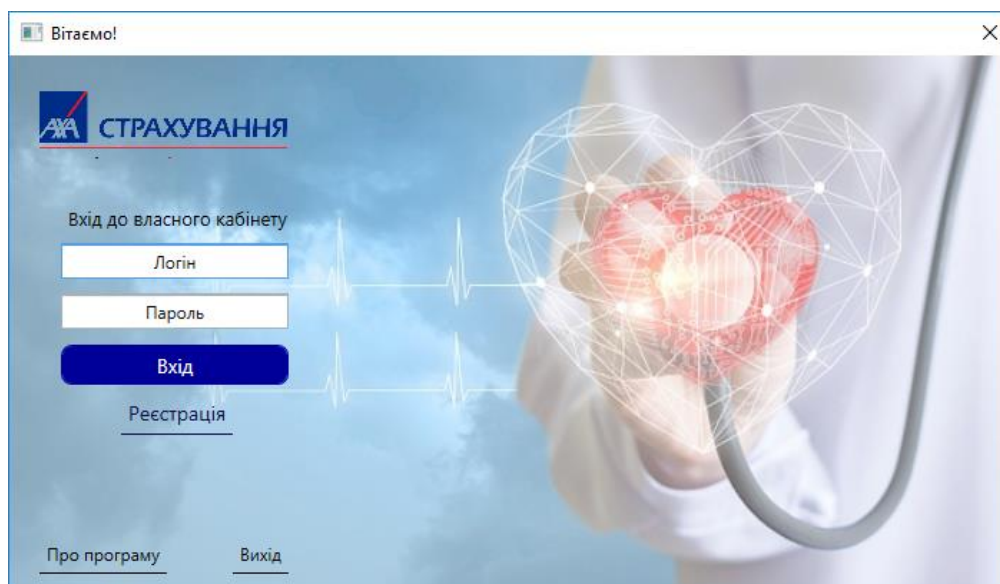


Рисунок 4.19. Вікно авторизації користувача.

Після введення логіна і пароля, користувач натискає «Вхід» і виконує вхід до власного кабінету, де одразу потрапляє на вкладку «Всі історії хвороби», бачить базу даних історій хвороб пацієнтів і може виконати пошук необхідної історії хвороби (рис. 4.21). При введенні в полі пошуку необхідного номеру історії хвороби пацієнта для детального перегляду і натисканні на кнопку пошуку користувач переходить до обраної історії (рис. 4.26).

Рисунок 4.20. Реєстрація користувача.

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб    Створити нову історію хвороби    Модуль прогнозування    Вийти з кабінету

№ історії хвороби	Стать	Вік (місяці)	Вікова група	Вага (кг)	Дата проведення
1012	ч	8	1	6.4	10.11.2003
1038	ж	4.17	1	4	10.11.2003
1048	ж	5	1	5	11.11.2003
1050	ч	3	1	3.8	12.11.2003
1054	ч	3	1	3.8	13.11.2003
1089	ч	0.67	1	3.3	14.11.2003
1114	ж	5	1	5	16.02.2004
1118	ч	1	1	3.6	17.08.2005
1127	ч	8	1	6.4	18.08.2005
1128	ж	10	1	5.85	19.08.2005
1180	ч	6.5	1	5.2	20.08.2005
1183	ж	4.17	1	4	25.12.2005
1255	ж	4.9	1	10	31.05.2006
1278	ж	0.9	1	4.1	01.06.2006
1282	ч	0.5	1	4.2	02.06.2006
1284	ч	5	1	6.5	03.06.2006
1303	ж	5	1	5	26.07.2006
1307	ж	0	1	6.4	26.07.2006

Переглянути історію хвороби пацієнта №

1048

Обновити дані

Рисунок 4.21. Власний кабінет користувача (вкладка «Всі історії»).

При натисканні на вкладку «Створити нову історію хвороби», користувачу надається можливість додати нового користувача до бази даних для подальшого опрацювання його даних (рис. 4.22). Номер нової історії генерується автоматично. Користувачу залишається ввести паспортні дані пацієнта та заповнити усі загальні клінічні показники, після чого він натискає на кнопку «Зберегти» і отримує доступ до заповнення



наступних клінічних показників. При введенні кожних наступних показників користувач виконує їх збереження до бази даних.

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб | Створити нову історію хвороби | Модуль прогнозування | Вийти з кабінету

№ Історії хвороби: 9015

Загальні клінічні показники

Площа поверхні тіла (BSA): 0,56 м2

Стать: ☒ чоловіча ☐ жіноча

Вік (місяці): 32

Вага (кг): 12,3

Дата проведення ЕХО-КГ: 09.05.2018 15

Дата проведення операції: 04.05.2018 15

Хронічна серцева недостатність (ХСН): ☒ стадія 1 ☐ стадія 2Б ☐ стадія 2А ☐ стадія 3

ХСН NYHA: ☒ функціональний клас 1 ☐ функціональний клас 3 ☐ функціональний клас 2 ☐ функціональний клас 4

Патологія аортального клапану: ☒ аортальний стеноз ☐ комбінована ☐ аортальна недостатність

Вада серця: ☒ вроджена ☐ ревматична ☐ інфекційний ендокардит ☐ ятрогенна

✓ →

Рисунок 4.22. Власний кабінет користувача (вкладка «Створити нову історію хвороби»).

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб | Створити нову історію хвороби | Модуль прогнозування | Вийти з кабінету

Прогнозування

реоперації аортального клапану

реоперації аортального клапану

реоперації висхідного тракту правого жлуночка

настання летального випадку

z-score базального кільця неоаортального кореня через 6-12 місяців

z-score базального кільця неоаортального кореня через 12-60 місяців

z-score базального кільця неоаортального кореня через 60-120 місяців

z-score синусів Вальсальви неоаортального кореня через 6-12 місяців

z-score синусів Вальсальви неоаортального кореня через 12-60 місяців

z-score синусів Вальсальви неоаортального кореня через 60-120 місяців

z-score синотубулярного з'єднання неоаортального кореня через 6-12 місяців

z-score синотубулярного з'єднання неоаортального кореня через 12-60 місяців

z-score синотубулярного з'єднання неоаортального кореня через 60-120 місяців

z-score висхідної аорти через 6-12 місяців

z-score висхідної аорти через 12-60 місяців

z-score висхідної аорти через 60-120 місяців

Рисунок 4.23. Власний кабінет користувача (вкладка «Модуль прогнозування»).



При натисканні на вкладку «Модуль прогнозування» (рис. 4.23), користувачу пропонується обрати за допомогою випадального списку, що саме він хоче спрогнозувати. На рис. 4.24 представлено варіант використання модуля для прогнозування ризику настання реоперації аортального клапану.

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб | Створити нову історію хвороби | Модуль прогнозування | Вийти з кабінету

Прогнозування: реоперації аортального клапану

Загальні клінічні показники\*

Вага (кг): 3,3

Показники інструментальної діагностики\*

Фіброз стулок аортального клапана: ☐ немає ☐ помірний ☒ виражений ☐ різкий

Діаметр базального кільця неоаортального клапана: 7 мм

Діаметр кондуїта легеневої артерії: 11 мм

Товщина міжшлункової перегородки: 6 мм

\*заповніть всі поля

Розрахувати

(a)

Вітаємо у власному кабінеті!

Всі історії хвороб | Створити нову історію хвороби | Модуль прогнозування | Вийти з кабінету

Прогнозування: реоперації аортального клапану

Дані проведеної операції\*

Тривалість операції: 575 хв Час перфузії: 230 сек

Накладання двухрядного шву: ☐ так ☒ ні

Проведення зміцнення некоронарної стулки аортального клапану: ☐ так ☒ ні

Протезування\*

Протез виготовлений із: власних тканин ☐ так ☒ ні Тип: Edwards: ☒ так ☐ ні  
синтетичних тканин ☐ так ☐ ні

Реоперація\* Висхідного тракту правого жлудочка: ☐ так ☒ ні

\*заповніть всі поля

Розрахувати

(б)

Рисунок 4.24. Використання модуля для прогнозування ризику настання реоперації аортального клапану: (а) – перше вікно вводу показників; (б) – друге вікно вводу показників.

Рис. 4.25 відображає виведення результату прогнозування ризику настання реоперації аортального клапану відповідно до введених клінічних показників.

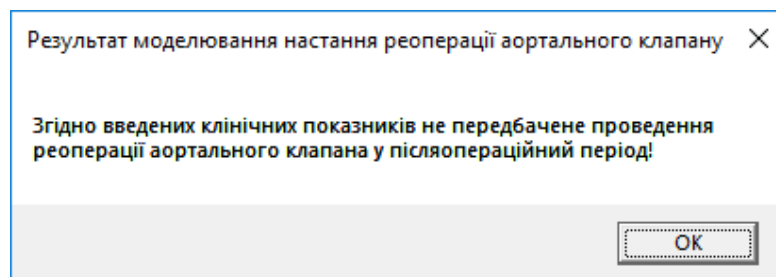


Рисунок 4.25. Результат прогнозування ризику настання реоперації аортального клапану.

**Історія №:1048**

**Номер історії хвороби: 1048**

Стать: жіноча

Вік (місяці): 5

Вага (кг): 5

Дата проведення доопераційної ЕХО-КГ: 29.10.2003

Дата проведення операції: 11.11.2003

Статус: живий

Загальні клінічні показники

Доопераційні показники Ехо-КГ

Проведені доопераційні заходи

Дані операції, супутні операції та протезування

Дані післяопераційного періоду

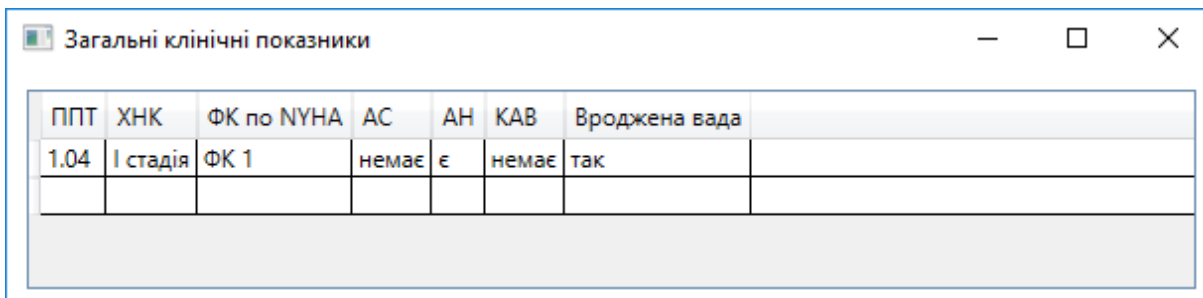
**Модуль прогнозування**

[Назад](#) [Додати нові показники за післяопераційний період](#)

Рисунок 4.26. Історія хвороби пацієнта.

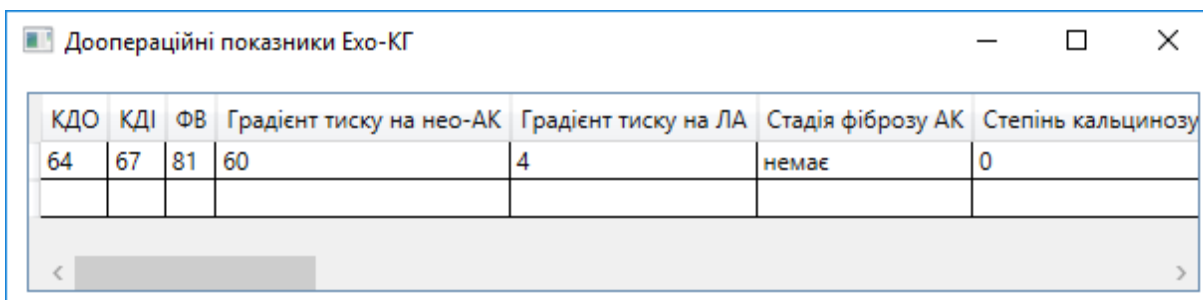
В даному прикладі розглядає історія хвороби номер 1048 (рис. 4.26). У вікні одразу відображаються паспортні дані пацієнта та кнопки для

перегляду конкретних клінічних показників. Сценарії виконання дій користувача при натисканні на кожну із кнопок зображені на рис. 4.27 – 4.31.



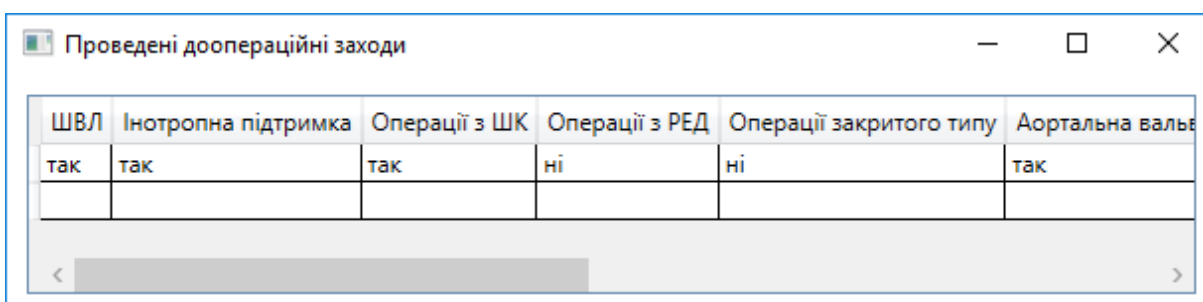
ППТ	ХНК	ФК по NYHA	АС	АН	КАВ	Вроджена вада
1.04	I стадія	ФК 1	немає	є	немає	так

Рисунок 4.27. Загальні клінічні показники пацієнта з історією хвороби № 1048.



КДО	КДІ	ФВ	Гradient тиску на нео-АК	Gradient тиску на ЛА	Стадія фіброзу АК	Степінь кальцинозу
64	67	81	60	4	немає	0

Рисунок 4.28. Доопераційні показники Ехо-КГ пацієнта з історією хвороби № 1048.



ШВЛ	Інотропна підтримка	Операції з ШК	Операції з РЕД	Операції закритого типу	Аортальна вальвулопластика
так	так	так	ні	ні	так

Рисунок 4.29. Проведені доопераційні заходи пацієнту з історією хвороби № 1048.

Дані операції та протезування

Дані проведеної операції:

Перетиснення аорти, сек	Час перфузії, сек	Тривалість операції, хв	Дворядний шов	Накладення жгутів
94	174	555	ні	ні

Виконані супутні операції:

Rosso-Konno	Пластика мітрального клапана	Закриття VSD
так	ні	ні

Тип використаного протезу:

Homograft	Протез з власних тканин	Протез із синтетичних тканин	PTFE 3-leaflets (Gore-Tex)	Autolog
ні	ні	ні	ні	ні

Рисунок 4.30. Дані проведеної операції та виконаного протезування аортального клапана пацієнту з історією хвороби № 1048.

Дані післяопераційного періоду

Перебіг раннього післяопераційного періоду:

Інфекція та сепсис	Неврологія	Серцева слабкість та зниження ФВ	Серцева блокада	Плевральна емпнема
ні	ні	ні	ні	ні

Проведені реоперації:

Реоперація аортального клапана	Реоперація висхідного тракту правого шлуночка
ні	ні

Ехо-Кг показники в період:

з 6 по 12 місяців    з 12 по 60 місяців    з 60 по 120 місяців

Гradientу тиску на нео-АК	Степінь АН	Гradientу тиску на ЛА	ФВ	КДІ	z-score базального кільця
5	0.5	15	55	58	1.16

Назад    Графіки зміни Ехо-КГ показників

Рисунок 4.31. Дані післяопераційного періоду пацієнта з історією хвороби № 1048.

Під час перегляду даних післяопераційного періоду для пацієнта, можливо виконати візуалізацію змін показників Ехо-КГ з часом. Для цього користувач системи натискає кнопку «Графіки зміни Ехо-КГ» показників у вікні відображення даних післяопераційного періоду (рис. 4.31) та переходить до вікна з побудовою графіків змін показників (рис. 4.32 – 4.35).

Побудова графіків виконується для зміни значень z-score показників базального кільця, синусів Вальсави та синотубулярного з'єднання нео-АК, висхідної аорти, градієнту тиску на нео-АК та ЛА, для зміни значень ФВ та КДІ.

Точками для відображення зміни беруться початкові значення відповідного показника та значення показника на терміні спостережень 6-12, 12-60 та 60-120 місяців.

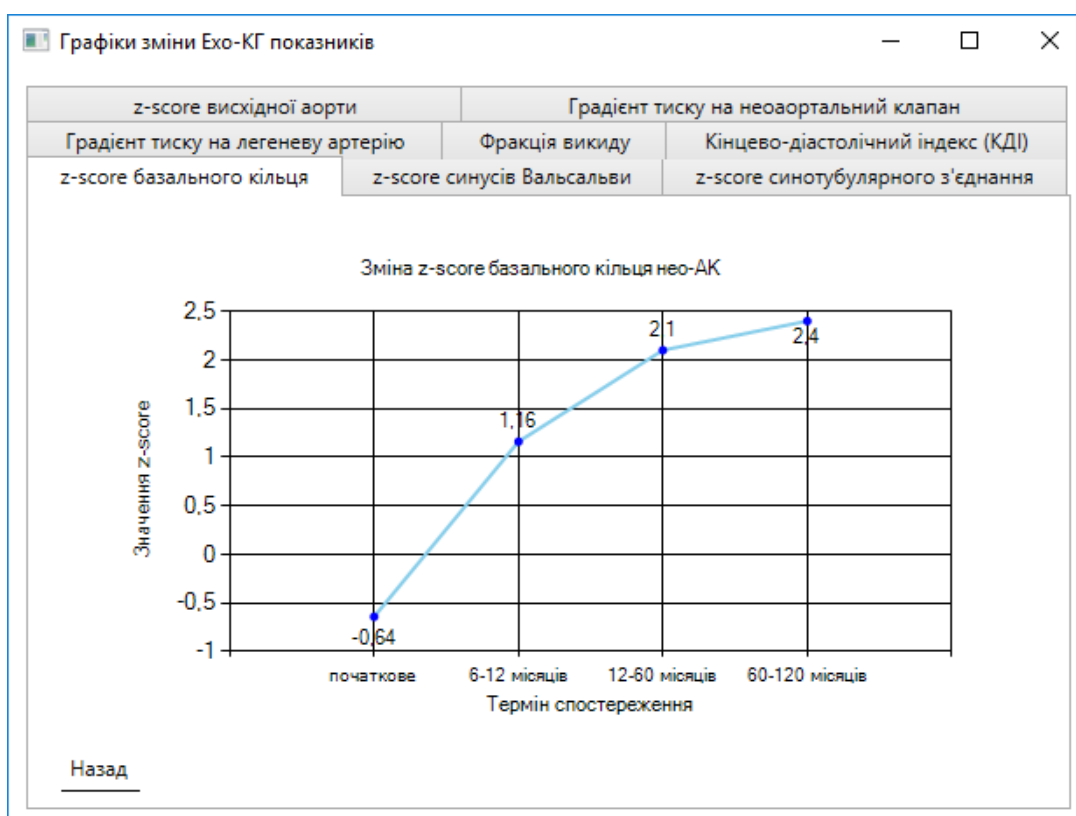


Рисунок 4.32. Графік зміни значення z-score базального кільця неоаортального клапана з часом проведення планового обстеження.

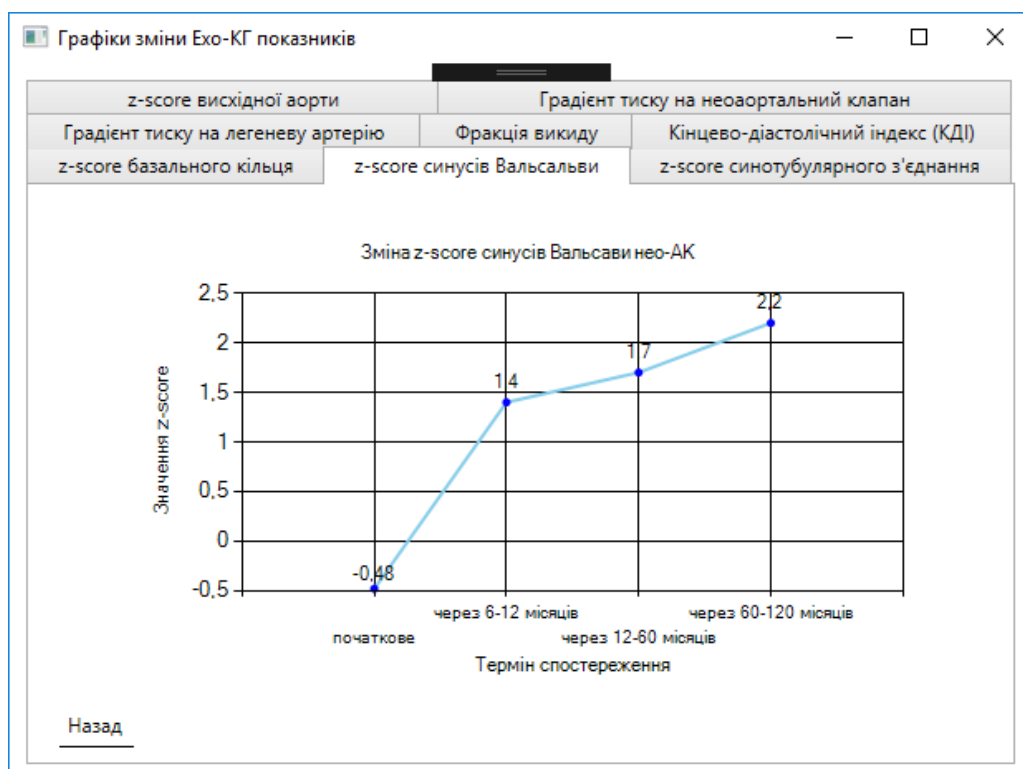


Рисунок 4.33. Графік зміни значення z-score синусів Вальсальви неоаортального клапана з часом проведення планового обстеження.

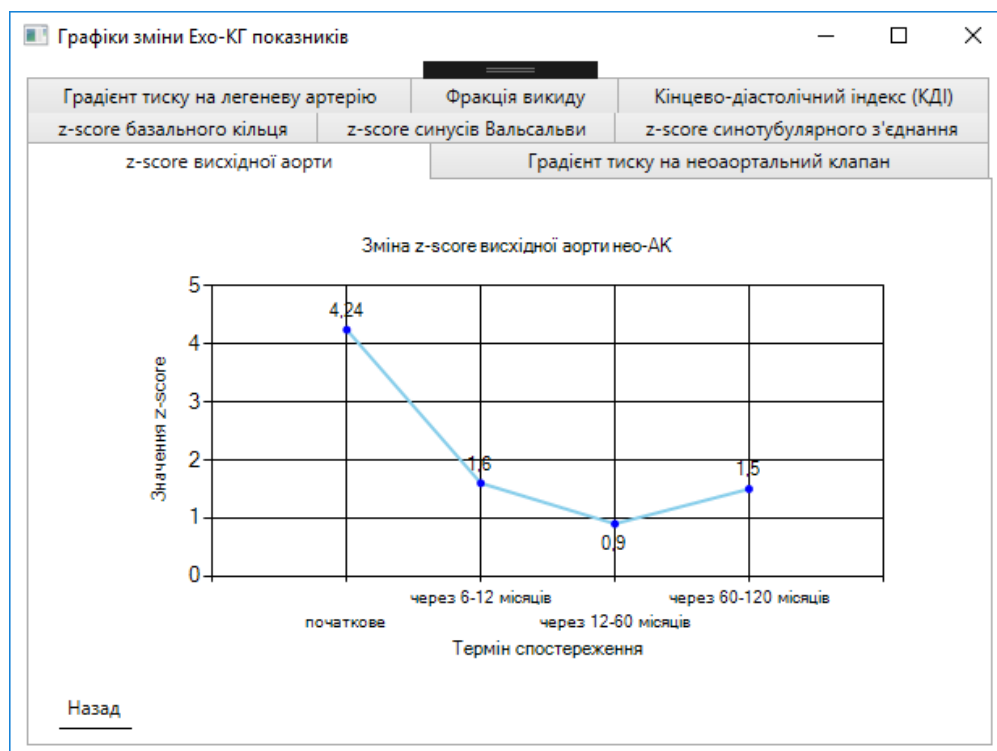


Рисунок 4.34. Графік зміни значення z-score висхідної аорти з часом проведення планового обстеження.

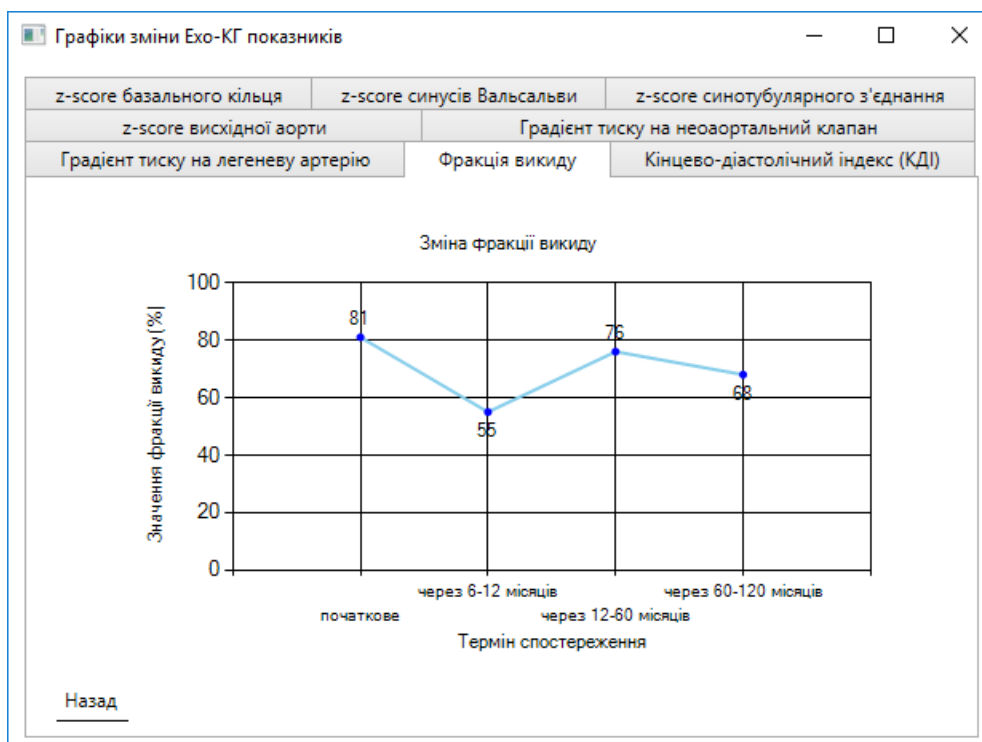


Рисунок 4.35. Графік зміни значення фракції викиду (у %) з часом проведення планового обстеження.

#### Висновки до розділу 4

У даному розділі магістерської дисертації описано процес проектування, конструювання та програмування інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом з використання інтегрованого програмного середовища Microsoft Visual Studio 2017, об'єктно-орієнтованої мови програмування C#, презентаційної підсистеми Windows Presentation Foundation та системи управління базами даних SQLite. Описано всі програмні інтерфейси користувача інформаційної системи для підтримки прийняття рішень та розглянуто етапи роботи користувача з системою.

## РОЗДІЛ 5

### РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЙОГО РИНКОВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

**Назва проекту:** «Інформаційна система для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом».

**Призначення проекту.** Інформаційна система для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду у дітей після операцій на аортальному клапані з використанням побудованих математичних моделей, призначена для зберігання, опрацювання історій хвороб дітей після хірургічного лікування патології аортального клапану, прогнозування перебігу післяопераційного періоду з можливим виникнення необхідності в проведенні реоперацій АК та ВТПШ, настання летального випадку, а також значень z-score показників неоаортального кореня та висхідної аорти у віддалений післяопераційний період. Система дає можливість електронного зберігання, пошуку та оброблення інформації.

**Суть проекту.** Розробка інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду у дітей після операцій на аортальному клапані з використанням математичних моделей прогнозування.

**Можливості інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом.** Основними можливостями розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень є:

- перегляд та робота з базою даних, що містить історії хвороб пацієнтів з патологіями аортального клапану;
- пошук потрібної історії хвороби;



- перегляд клінічних показників кожного з пацієнта;
- візуалізація динамічних змін післяопераційних показників кожного з пацієнтів;
- модуль прогнозування для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом;
- внесення додаткових даних для кожного з пацієнтів;
- додавання нових історій хвороб;
- використання модулю прогнозування незалежно від обраного пацієнта.

**Просування на ринок.** Використання створеної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом за допомогою комп'ютерів, телефонів, планшетів.

**Унікальність пропозиції.** Унікальність даної системи полягає в створенні системи прогнозування перебігу післяопераційного періоду саме у дітей, на основі наявних доопераційних клінічних показників та виконаних попередніх втручань на серці. Створенні нової інформаційної системи для підтримки прийняття рішень, що стане способом електронного збирання, зберігання, пошуку та оброблення інформації, міститиме вдосконалені функціональні можливості щодо аналізу та прогнозування виникнення ускладнень в післяопераційний період після втручань на серці.

**Дохід та витрати.** Замовники платять за розробку інформаційної системи для підтримки прийняття рішень, постійного удосконалення її функціоналу, елементів інтерфейсу та підтримку її працездатності, розширення ринку споживачів. Основними витратами є презентації демозразків інформаційної системи для потенційних замовників.

### **Бізнес-модель.**

1. *Цінність продукту.* Інформаційна система для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, в основі якої лежать методи аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці призначена для

для зберігання, опрацювання історій хвороб дітей після хірургічного лікування патології аортального клапану, прогнозування перебігу післяопераційного періоду з можливим виникнення необхідності в проведенні реоперацій АК та ВТПШ, настання летального випадку, а також значень z-score показників неоаортального кореня та висхідної аорти у віддалений післяопераційний період.

2. *Функції інформаційної системи.* Основними можливостями розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень є:

- перегляд та робота з базою даних, що містить історії хвороб пацієнтів з патологіями аортального клапану;
- пошук потрібної історії хвороби;
- перегляд клінічних показників кожного з пацієнта;
- візуалізація динамічних змін післяопераційних показників кожного з пацієнтів;
- модуль прогнозування для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом;
- внесення додаткових даних для кожного з пацієнтів;
- додавання нових історій хвороб;
- використання модулю прогнозування незалежно від обраного пацієнта.

3. *Сегмент споживачів.* Споживачами розробленої інформаційної системи можуть бути:

- лікувально-профілактичні заклади (ЛПЗ);
- науково-дослідні інститути;
- медичні центри;
- приватні клініки;
- страхові компанії.

4. *Канали збуту.* Канали збуту можуть бути:

- прямі (конкретні замовники);
- web-сервіси;

— спеціалізовані магазини.

5. *Взаємодія з споживачами.* Робота із споживачами:

1) Отримання медичної інформаційної системи та її використання.

2) Подальший розвиток системи – додавання модулів, орієнтованих на розширення функціональних можливостей системи.

6. *Зворотній зв'язок із споживачами.* Зворотній зв'язок здійснюється за допомогою:

— опитування;

— інтерв'ю;

— відгуків.

7. *Ключові види діяльності.* Ключовими видами діяльності є:

1) Розробка бізнес-плану.

2) Створення інформаційної системи для підтримки прийняття рішень.

3) Тестування.

4) Сертифікація.

5) Маркетингові заходи.

6) Створення додаткових модулів.

8. *Ключові ресурси.* Ключовими ресурсами є:

— матеріальні – комп'ютерна техніка: персональний комп'ютер, планшет, смартфон;

— інтелектуальні, в тому числі патенти та ліцензії;

— людські;

— фінансові;

— час реалізації проекту.

9. *Ключові партнери.* Ключовими партнерами є:

1) Організації і фірми, що займаються розробкою, впровадженням та реалізацією медичних інформаційних систем.

2) Виробники медичних інформаційних систем.

10. *Фінансові показники.* Собівартість однієї системи оцінюється в 200,96 гривень при випуску партії 2000 штук за 3 місяці. Планується продаж за 382 грн. за штуку. Джерелами фінансування будуть:

— на етапі дослідно-конструкторських робіт – за рахунок власних коштів, відповідних програм, що фінансуються міністерством охорони здоров'я.

— сертифікація та впровадження у виробництво – приватними інвесторами на умовах стартапів.

**Дослідження ринку.** Сьогодні існує величезна кількість медичних інформаційних систем, їх перелік сягає десятків. Тільки за останні кілька років, спостерігається стрімке зростання кількості автоматизованих систем на ринку — від комп'ютерів до пристроїв, які завжди можуть бути під рукою. Беручи до уваги медичних співробітників можна сказати, що вони намагаються ставати мобільними. Згідно зі звітом Research2Guidance, 80% лікарів використовують смартфони і медичні програми. Медичні фахівці використовують автоматизовані системи для надання професійних медичних та реабілітаційних послуг.

Якщо розглянути ринок інформаційних технологій в Україні, то можна зробити висновок, що він доволі насичений. Існує велика кількість компаній з виробництва інформаційних систем, але більшість цих постачальників — дуже малі компанії. Окрім цього, незважаючи на наявність кваліфікованих програмних рішень, в Україні практично відсутній досвід повного переходу на електронний принцип зберігання і оброблення інформації в лікувальному закладі. У теперішніх умовах є можливим використання локальних проектів з інформатизації медицини, а для більш глобального застосування необхідним є дотримання єдиних вимог, які ґрунтуються на застосуванні світових стандартів збору, збереження, обробки та обміну електронного варіанту медичної інформації.

### **Маркетингова стратегія просування.**

Покроковий план виходу на ринок:

1. Розробка промислового зразка.
2. Організація виробництва.
3. Формування замовлення та створення контрольної версії.
4. Аналіз результатів тестування контрольної версії.
5. Внесення змін та доповнень до інформаційної системи.

Заходи по просуванню на ринок:

1. Опублікування статей в галузевих ЗМІ.
2. Участь в безкоштовних технічних семінарах.
3. Статті і реклама в інтернеті.

**Дослідження конкурентного оточення.** Існуючі медичні інформаційні системи:

1. GALEN (Штат Міннесота). Діагностує випадки застійної серцевої недостатності у дітей. Система використовує дані, що описують історію хвороби пацієнта, медичні обстеження, рентгенівські знімки і електрокардіограми, щоб визначити наявність хвороби. Система висуває гіпотези про невеликий набір можливих захворювань і потім ранжирує їх на підставі ступеня відповідності між її очікуваннями для кожного захворювання та фактичними значеннями з даних про пацієнта. Знання представлені у вигляді комбінації правил і фреймів, причому правила описують умови, при яких гіпотезу потрібно розглянути, прийняти, відкинути або змінити. Фрейми використовуються для збору інформації, що відноситься до конкретної гіпотези про захворювання. Система розроблена в Університеті штату Міннесота.

2. MECS-AI (Токіо). Допомогає лікарям ставити діагнози і пропонує лікування захворювань серцево-судинної системи і щитовидної залози. Спочатку була розроблена спеціально для серцево-судинних захворювань, потім її переробили в більш загальний засіб розробки медичних консультаційних систем і застосували його до захворювань

щитовидної залози. MECS-AI використовує знання діагностики захворювань серцево-судинної системи і щитовидної залози, отримані від експертів-медиків. Це заснована на правилах система зі зворотним ланцюжком міркувань, що містить редактор бази знань, що допомагає вдосконалювати і модифікувати компетентність системи.

3. VM (Стенфордський університет). Видає діагностичні та терапевтичні пропозиції про післяопераційних хворих, поміщених в блоки інтенсивної терапії. Система визначає потенційно небезпечні стани, розпізнає помилкові дані, характеризує стан пацієнта і пропонує корисні терапевтичні заходи. Система інтерпретує кількісні вимірювання, одержувані від встановленого в блоці інтенсивної терапії монітора і включаючи частоту пульсу, тиск крові, і параметри, що описують режим роботи апарату штучного дихання, обслуговуючого хворого. Інтерпретація заснована на знаннях про історію хвороби даного пацієнта і про очікуваному діапазоні значень спостережуваних параметрів.

**Елементи фінансового плану.** Основні елементи та показники фінансового плану відображені у табл. 5.1 – 5.7 та на рис. 5.1 – 5.3.

Таблиця 5.1

### Виробничий процес

№	Процес	Виконавець
1	Аналіз поставленої задачі	Аналітик
2	Складання алгоритму задачі	Старший програміст
3	Написання програмного коду	Програміст
4	Тестування ПЗ	Тестувальник

Таблиця 5.2

**Вартість устаткування**

Найменування	Стандарт або марка	К-сть	Ціна одиниці, грн	Сума, грн
Ноутбук	Asus X756UQ White	4	20 000	80 000
Планшет	Samsung Galaxy Tab A	4	8 000	32 000
Смартфон	Samsung Galaxy A7	4	8 200	32 800
Всього				144 800

Таблиця 5.3

**Постійні витрати**

Найменування	Сума, грн
Інтернет 100 Мбіт/сек	100
Телефон	100
Оренда	10 000
Комунальні послуги	3 500
Нарахування на заробітну плату	13 452
Амортизаційні відрахування	1 556,67
Всього	28 708,67

Відрахування з заробітної плати:

— ПДФО – 20%;

— ЄСВ – 3,6%;

Всього:  $57\,000 \cdot 20\% + 57\,000 \cdot 3,6\% = 13\,452$  грн.

Амортизаційні відрахування:

— зношення обладнання 14 480 грн. на рік, а в місяць – 1 206,67

грн.;

— зношення споруди 3.5% від балансової вартості на рік – 4200 грн., а в місяць – 350 грн.;

Всього:  $1\,206,67 + 350 = 1\,556,67$  грн.

Таблиця 5.4

### Заробітня плата

Посада	Сума, грн.
Керівник проекту	30 000
Аналітик, дослідник ресурсів, дизайнер, проектувальники, розробники, тестувальник	27 000
Всього	57 000

Проект розрахований на 3 місяців. За місяць планується випустити 2000 одиниць продукції.

Таблиця 5.5

### Витрати за 3 місяці

Місяць	Сума, грн.
1	230 508,67
2	85 708,67
3	85 708,67
Всього	401 926,01

Собівартість продукції. Для розрахунку собівартості продукту, загальні витрати за 3 місяці ділимо на кількість реалізованої продукції:

$401\,926,01 \text{ грн.} / 2000 \text{ од.} = 200,96 \text{ грн.}$



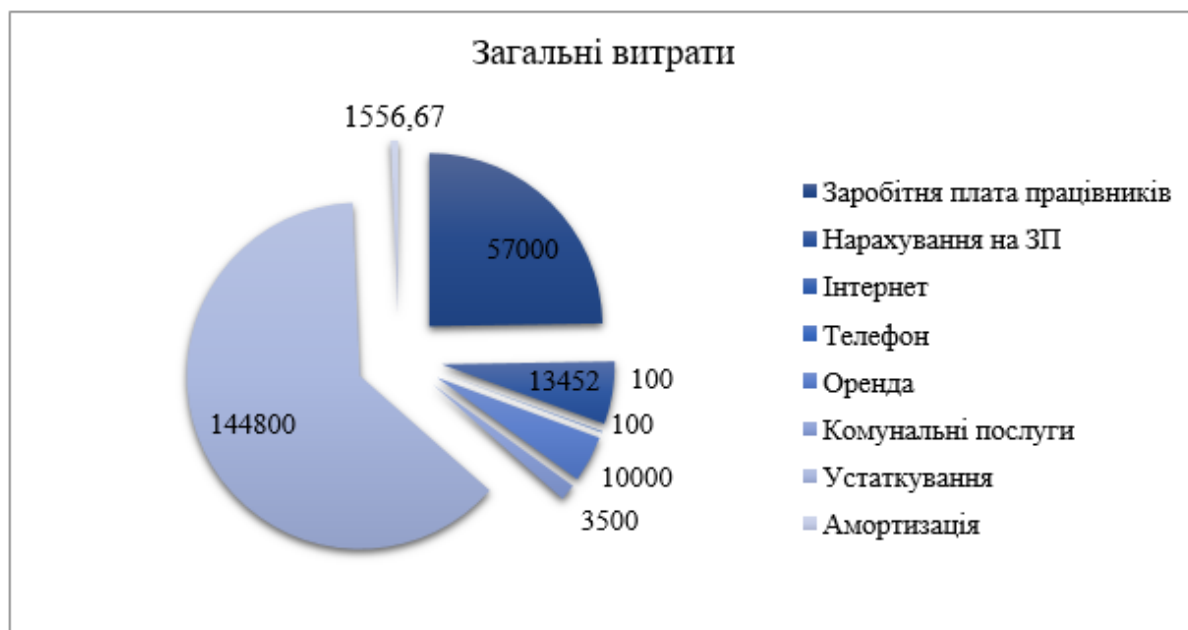


Рисунок 5.1. Діаграма загальних витрат.

За 3 місяці планується продати 2000 одиниць продукції. Ціна для продажу буде становити 381,83 грн. = 382 грн.

Таблиця 5.6

### План збуту виготовленої продукції

Місяць	Запланований збут, одиниць
1	300
2	700
3	1000

Таблиця 5.7

### Плановий прибуток

Прибуток	Місяць 1, грн.	Місяць 2, грн.	Місяць 3, грн.	Сума, грн.
Операційний прибуток	-115959,8	181572,1	296121,0	361733,4
Податок	422,7	86947,6	141800,5	229170,8
Чистий прибуток	-116382,4	94624,5	154320,5	132562,6

Щоб розрахувати точку беззбитковості всі витрати ділимо на встановлену ціну одиниці продукції (рис. 5.2).

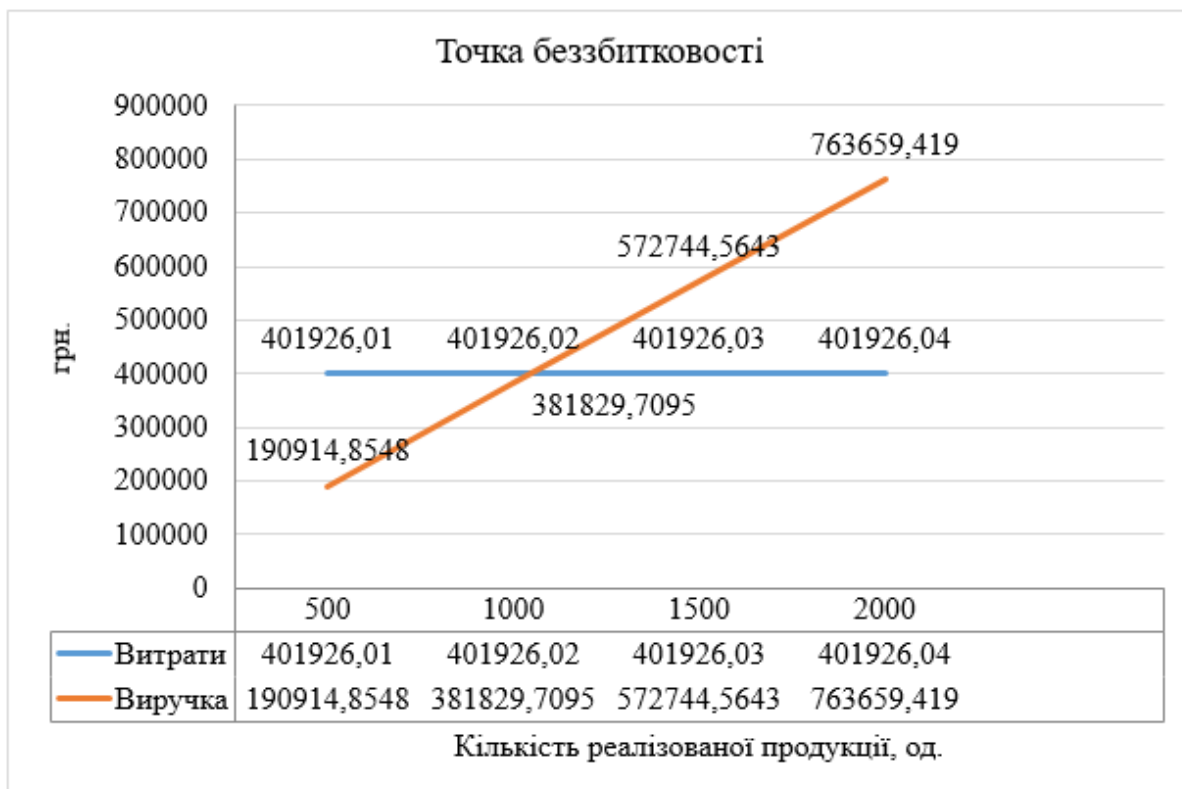


Рисунок 5.2. Графік точки беззбитковості.

Точка беззбитковості: 401 926,01грн. / 382 грн.  $\approx$  1 053 одиниці.

### **Рентабельність.**

Операційний прибуток: 427 641,82 грн.

$$-115\,959,8 + 181\,572,1 + 296\,121,0 + 361\,733,4 = 427\,641,82 \text{ грн.}$$

Валовий прибуток: 1 537 318,8 грн.

$$114\,548,9 + 267\,280,8 + 381\,829,7 + 763\,659,4 = 1\,537\,318,8 \text{ грн.}$$

Рентабельність: 27, 9%

$$427\,641,82 / 1\,537\,318,8 * 100 = 27,9\%$$

**Період окупності.** Період, необхідний для покриття витрат або для повернення коштів (окупність) дорівнює 2,1 місяці.

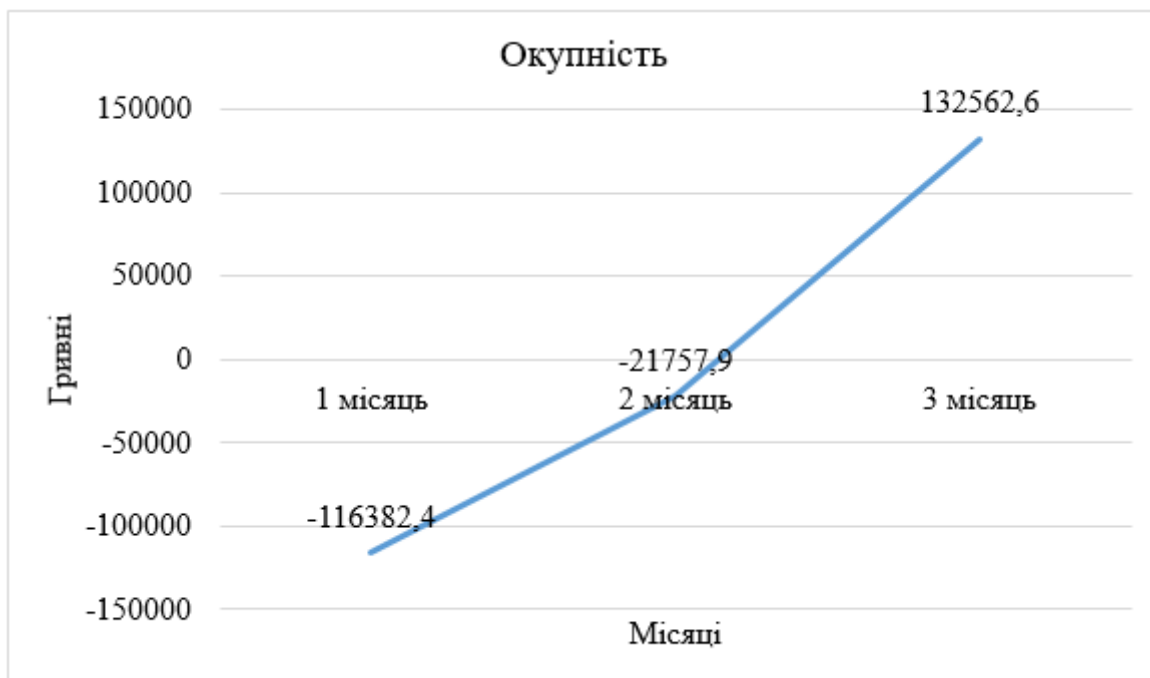


Рисунок 5.3. Графік окупності.

## Висновки до розділу 5

Розроблено стартап-проект на основі отриманих результатів під час виконання дослідження за темою магістерської дисертації та створеної інформаційної технології для підтримки прийняття рішень лікарем-експертом, основним функціоналом якої є прогнозування перебігу післяопераційного періоду у дітей після операцій на аортальному клапані з використанням побудованих математичних моделей.

Проведено аналіз можливості його ринкового впровадження та розглянуто елементи фінансового плану.

## ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської дисертації у відповідності до поставленої мети було вирішено наступні завдання:

1. Проаналізовано сучасний стан проблеми серцево-судинної захворюваності і виявлено, що вона займає чільне місце у системі захворюваності дітей та стає основною причиною їх смертності. Вроджені вади серця є одними з найпоширеніших захворювань, серед яких патологія аортального клапану становить 5-15% та у 15-18% випадків потребує хірургічного лікування, що полягає у заміні пошкодженого аортального клапану штучним аортальним клапаном (механічним або біологічним), а також проведенні операції Росса, при якій аортальний клапан замінюється власним клапаном легеневої артерії на місце якої імплантується легеневий гомографт.

2. Проаналізовано дані 408 дітей за 102 клінічними показниками після проведеного хірургічного лікування патології аортального клапана за допомогою описової статистики та виявлено, що у ранньому післяопераційному періоді деяким з пацієнтів було проведено реторакотомію, зафіксовано випадки неврології, серцевої слабкості та зниження ФВ, серцевої блокади, наявності інфекції або сепсису, плевральної ексудації. Встановлено, що у післяопераційний період реоперацію АК було проведено 4,9% пацієнтам, реоперацію ВТПШ – 112 27,5% пацієнтам, проведення обох повторних операцій виконувалося 2,9% пацієнтам. Виявлено 15,4% летальних випадків серед прооперованих пацієнтів, у 6,4% з яких було проведено повторну операцію ВТПШ. Розглянуто основні переваги методу групового урахування аргументів, що дозволяють збільшити точність моделювання за рахунок ускладнення математичної моделі на кожному кроці рекурсії.

3. Побудовано 15 математичних моделей аналізу післяопераційного періоду у дітей після втручань на серці. При

моделюванні на навчальній, екзаменаційній та тестовій вибірках точність моделі ймовірності настання реоперації АК коливалася від 0,9 до 0,956, а значення площі під ROC-кривою від 0,965 до 0,997. При моделюванні ймовірності настання реоперації ВТПШ на навчальній, екзаменаційній та тестовій вибірках точність моделі коливалася від 0,838 до 0,875, а значення площі під ROC-кривою від 0,947 до 0,959. Коефіцієнти детермінації, у відповідності до яких проводилася оцінка якості побудованих моделей на термінах спостереження 6-12, 12-60 та 60-120 місяців після проведеного хірургічного лікування, для z-score показників при моделюванні на навчальній вибірці коливався від 0,796 до 0,987, а на екзаменаційній – від 0,772 до 0,988. Точність моделі ймовірності настання летального випадку у післяопераційний період при моделюванні на навчальній, екзаменаційній та тестовій вибірках коливалася від 0,85 до 0,959, а значення площі під ROC-кривою від 0,96 до 0,997. Отримані високі показники точності, значення площі під ROC-кривою при вирішенні задачі класифікації та коефіцієнти детермінації при прогнозуванні на кожній із вибірок свідчать про відмінну якість побудованих математичних моделей.

4. Розроблено інформаційну систему для підтримки прийняття рішення лікарем-експертом з використання інтегрованого програмного середовища Microsoft Visual Studio 2017, об'єктно-орієнтованої мови програмування C#, презентаційної підсистеми Windows Presentation Foundation та системи управління базами даних SQLite, основним функціоналом якої є прогнозування виникнення необхідності проведення реоперацій аортального клапану та висхідного тракту правого шлуночка, летальних випадків у післяопераційний період, показників z-score неоаортального клапана та висхідної аорти на терміні 6-12, 12-60 та 60-120 місяців за допомогою розроблених математичних моделей. Описано всі програмні інтерфейси користувача інформаційної системи для підтримки прийняття рішень та розглянуто етапи роботи користувача з системою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бокерия Л. А. Сердечно-сосудистая хирургия. Сердечно-сосудистая хирургия. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения / Л. А. Бокерия, Р. Г. Гудкова. – М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2010.
2. Приобретенные пороки сердца [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://vse-zabolevaniya.ru/bolezni-detskie/priobretennyye-poroki-serdca.html>.
3. Coffey S. The modern epidemiology of heart valve disease / Coffey S., Cairns B. J, Iung B.. // Heart. – 2015. – Vol. 11. – P. 120 – 126.
4. Трисветова Е. Л. Двустворчатый аортальный клапан и аортопатии / Трисветова Е. Л.. // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. – 2015. – Т.15, №3. – С. 38–39.
5. Samuel C. Siu. Bicuspid Aortic Valve Disease / Samuel C. Siu, Candice K. Silversides. // Journal of the American College of Cardiology. – 2010.– Vol. 55. – P. 2789–2800.
6. Outcome after aortic valve replacement in children: A systematic review and meta—analysis / J. R. G. Etnel, L. C. Elmont, E. Ertekin et al]. // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2016. – №52. – С. 143–151.
7. Результаты протезирования аортального клапана легочным аутографтом (операция росса) в различных возрастных группах / Л.А. Бокерия, К.В. Шаталов, Р.М. Муратов та ін.]. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2013. – №5. – С. 37–41.
8. Ross D. N. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft / Ross D. N. // Lancet. – 1967. – Vol. 2. – P. 956–958.
9. Under—use of the Ross operation—a lost opportunity / M. H. Yacoub,, H. H. Sievers, I. El—Hamamsy et al]. // Lancet. – 2014. – Vol.28. – P. 60.

10. Stelzer P. The Ross Procedure: State of the Art 2011 / Stelzer P.. // *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2011. – Vol. 23. – P. 115–123.
11. A multicentre evaluation of the autograft procedure for young patients undergoing aortic valve replacement: update on the German Ross Registry / H. H. Sievers, U. Stierle, E. I. Charitos et al]. // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2015. – Vol. 5. – P. 98.
12. Процедура Росса в хирургической коррекции врожденного порока аортального клапана у детей: выбор трансплантата. / А.А. Лукьянов, Ю.Н. Горбрых, А.Ю. Омельченко та ін.]. // *Патология кровообращения и кардиохирургия*. – 2013. – №4. – С. 63–69.
13. Украинцы вымирают: 5 антирекордов смертности [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://fakty.ictv.ua/ru/ukraine/suspilstvo/20170109-ukrayintsi-vymyrayut-5-antyrekordiv-smertnosti/>.
14. Rao PS. Diagnosis and management of cyanotic congenital heart disease: part I / Rao PS. // *Indian Journal of Pediatrics*. – 2009. – Vol. 76(1). – P. 57–70. doi: 10.1007/s12098-009-0030-4.
15. Как предупредить сердечно-сосудистые заболевания [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://gorod.dp.ua/news/136635>.
16. Noninherited risk factors and congenital cardiovascular defects: current knowledge: a scientific statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young: endorsed by the American Academy of Pediatrics / Jenkins KJ, Correa A, Feinstein Ja et al]. // *Circulation*. – 2007. – Vol. 115(23). – P. 2995–3014. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.183216.
17. Heart disease and stroke statistics — 2007 update / Rosamond W, Flegal K, Friday G et al]. // *Circulation*. – 2007. – Vol. 115 (5). – P. 69–171. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.179918.

18. Krasuski RA. Congenital heart disease epidemiology in the United States: blindly feeling for the charging elephant / Krasuski RA, Bashore TM. // Circulation. – 2016. – Vol. 134(2). – P. 110–113. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023370.
19. Врожденные пороки сердца [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija\\_cardiology/congenital-heart-defect](http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_cardiology/congenital-heart-defect).
20. Врожденные пороки сердца [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://baby-calendar.ru/vrozhdennye-poroki/poroki-serdca/>.
21. Пороки сердца у детей [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://heartbum.ru/poroki-serdca-u-detej/>.
22. Признаки заболевания сердца у детей [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://heal-cardio.ru/2016/04/14/priznaki-zabolevanija-serdca-u-detej/>.
23. Соболева М. К. Инфекционный эндокардит у детей / М. К. Соболева, Б. С. Белов. // Русский медицинский журнал. – 2006. – С. 630.
24. Инфекционный эндокардит у детей лечение и симптомы. Диагностика инфекционного эндокардита [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.medmoon.ru/rebenok/>.
25. Инфекционный эндокардит у детей [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.eurolab.ua/encyclopedia/352/2711/>.
26. Causes of complications in the early postoperative period after heart surgery [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8649166>.
27. Бокерия Л. А. Инфекция в кардиохирургии / Бокерия Л. А, Н. В. Белобородова. – М: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2007.
28. Оценка состояния гемостаза для прогнозирования риска послеоперационных кровотечений у кардиохирургических больных / Е.



И.Гончарова, А. Н. Баландина, А. А. Тууль та ін.]. // Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – С. 167–172.

29. Pérez-Vela JL. Neurologic complications in the immediate postoperative period after cardiac surgery. Role of brain magnetic resonance imaging / Pérez-Vela JL. // Spain: Revista Española de Cardiología. – 2005. – Vol. 58. – P. 1014–1021.

30. Пороки аортального клапана сердца [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://kardiopuls.ru/bolezni/vps/aortalnyj-porok-serdtsa/>.

31. Пороки сердца у детей [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://mark-med.ru/stati/poroki-serdtsa-u-detej/>.

32. Недостаточность аортального клапана у детей [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://detstrana.ru/service/disease/children/nedostatochnost-aortalnogo-klapana/>.

33. Surgery for aortic stenosis in children: a 40-year experience / Brown JW., Ruzmetov M., Vijay P et al]. // The Annals of Thoracic Surgery. – 2003. – Vol. 76(5). – P. 1398–1411.

34. Носачев А. М. Протезирование клапанов сердца после коррекции врожденных пороков сердца : дис. докт. мед. наук / Носачев А. М. – М., 2011.

35. 10-річні результати хірургічного лікування хвороби двостулкового аортального клапану (2003–2012 рр.) / І.М. Кравченко, Л.Л. Ситар, В.І. Кравченко, С.О. Дикуха, О.А. Третьак, В.П. Захарова, О.В. Пантась, В.Е. Дуплякіна, О.Б. Ларіонова, О.С. Чумак, Г.В. Книшов // Таврический медико-биологический вестник. — 2013. — Т. 16, № 3, ч. 1 (63). — С. 92-94.

36. Бураковский В. И. Сердечно-сосудистая хирургия / В. И. Бураковский, Л. А. Бокерия. – М.: Медицина, 1996. – С. 290 – 299.

37. Reoperations on the pulmonary autograft and pulmonary homograft after the Ross procedure: An update on the German Dutch Ross Registry. / Charitos E.I., Takkenberg J.J., Hanke T. et al]. // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2012. – Vol. 144(4). – P. 813–821.

38. Подзолков В. П. Оправданно ли применение механических протезов у детей с врожденными аортальными пороками Грудная и сердечно-сосудистая хирургия / В. П. Подзолков, А. Хассан, А. А. Нежлукто. – 2003. – №5. – С. 4–10.

39. Бокерия Л. А. Наиболее часто встречающиеся осложнения в отдаленные сроки после операций протезирования митрального и аортального клапана, выполненных в детском и подростковом возрасте. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. / Л. А. Бокерия, М. Л. Ермоленко, О. И. Медведева. – 2013. – №1. – С. 59–65.

40. Inclusion cylinder method for aortic valve replacement utilising the Ross operation in adults with predominant aortic stenosis – 99% freedom from reoperation on the aortic valve at 15 year / Skillington PD, Mokhles MM, Wilson W et al]. // Global Cardiology Science and Practice.. – 2013. – P.46.

41. Bechtel Fourteen years' experience with 501 subcoronary Ross procedures: Surgical details and results / Sievers H-H, Stierle U, Charitos EI et al]. // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2010. – Vol. 140. – P. 816–822.

42. When is the Ross operation a good option to treat aortic valve disease? / David TE, Woo A, Armstrong S et al]. // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2010. – Vol. 139. – P. 68–75.

43. Романюк О. М. Хірургічне лікування аортальних вад у дітей: операція заміни аортального клапана легеневим аутографтом: дис. докт. мед. наук: 14.01.04 / Романюк О. М. – Київ, 2018. – 392 с.

44. Ивахненко А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А. Г. Ивахненко. – Київ: Наукова думка, 1982. – 296 с.

45. Марка Д.А. Методология структурного анализа и проектирования / Марка Д.А, МакГоуэн К. – М.: МетаТехнология, 1993.

46. IDEF0 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/IDEF0>.